

РАЗДЕЛ I

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

СОДЕРЖАНИЕ

75 лет Гаральду Ойя	3
-------------------------------	---

РАЗДЕЛ I. ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Металлогеническое и прогнозное районирование золотоносности Красноярского края	6
<i>С.С. Сердюк</i>	
Модель формирования свинцово-цинковых месторождений Кызыл-Таштыгского	17
рудного узла и оценка перспектив его промышленной рудоносности	
<i>В.А. Макаров</i>	
Стратегический анализ рынка никельсодержащих руд	22
для предприятий Дальнего Востока	
<i>А.Е. Череповицын, А.А. Соломатина</i>	
Золотоносные березиты месторождения Золотое Тейско-Уволжского	29
рудного узла (Енисейский кряж)	
<i>В.А. Макаров, В.В. Межубовский, В.Г. Михеев, П.Н. Самородский,</i>	
<i>Е.В. Хмель, С.М. Макеев, Т.П. Стримжа</i>	
Колчеданные и Cu-Мо-Au-порфиновые месторождения подвижных поясов –	34
важнейшие источники цветных металлов в России в XXI веке	
<i>Н.С. Бортников, И.В. Викентьев, А.В. Волков</i>	
Изучение вещественного состава и обогатимости бокситов Северо-Онежского	43
и Средне-Тиманского месторождений	
<i>Н.К. Алгебраистова, Н.В. Филенкова, С.А. Маркова, Е.А. Гроо,</i>	
<i>А.А. Кондратьева, Л.И. Свиридов, И.И. Шепелев</i>	
Морфология золота в коре выветривания Самсоновского рудного поля	46
<i>В.И. Браги, Н.Ф. Усманова, Е.Н. Меркулова</i>	
Потенциальная медно-никелевая рудоносность интрузивных траппов	48
запада Сибирской платформы	
<i>С.Н. Прусская, Ю.Р. Васильев</i>	
Петрохимическая аттестация и специализация нефелиновых пород	53
Средне-Татарского массива	
<i>А.В. Федорова, П.А. Тишин, А.М. Сазонов</i>	
Оценка доступности месторождений меди и золота Красноярского края	59
<i>Н.А. Мацко, М.Ю. Харитонова</i>	
Метод физико-химического моделирования технологических процессов и систем	64
<i>Н.В. Головных, В.А. Бычинский, А.Г. Пихтовников, К.В. Чудненко, И.И. Шепелев</i>	
Способ повышения эффективности извлечения золота	66
<i>А.В. Макшанин, Н.К. Алгебраистова</i>	
Разработка технологии обогащения техногенных россыпей центральной Колымы	68
гидрофторидом аммония	
<i>В.П. Молчанов, Д.Г. Эпов, Г.Ф. Крысенко, М.А. Медков, А.А. Юдаков</i>	
Распределение золота при переработке графитоносных пород	69
Тургеневского месторождения	
<i>Д.Г. Эпов, Г.Ф. Крысенко, М.А. Медков, В.П. Молчанов</i>	
Аминометилованные лигнины как реагенты-депрессоры нерудных минералов	70
при флотационном обогащении вкрапленных медно-никелевых руд	
<i>Л.И. Тимошенко, Л.А. Опарина, В.Г. Самойлов, С.М.Маркосян, Б.А. Трофимов</i>	
Использование природных карбонатов кальция в качестве коллектора	71
тяжелых цветных металлов	
<i>Е.Н. Меркулова, А.М. Жижаяев, М.А. Чугуевская</i>	

Биодобавки при селекции сульфидных коллективных концентратов	74
<i>А.В. Развязная, Н.К. Алгебраистова, Ю.Л. Гуревич, М.И. Термова, Е.Г. Бездубная</i>	
Экспериментальные исследования процесса восходящего капиллярного.	77
выщелачивания в хвостах обогащения	
<i>А.Г. Михайлов, М.Ю. Харитонова, И.И. Вахлаев</i>	
Проблемы освоения Арктического шельфа и пути их решения	81
<i>В.Е. Кисляков, Д.А. Лакин</i>	
Использование льда для изолирования обводнённых горных выработок	83
от воздействия окружающей среды	
<i>А.Н. Кузнецов, В.Е. Кисляков</i>	
Разработки валунистых россыпей бульдозерами с использованием	86
траншей для складирования валунов	
<i>В.Е. Кисляков, Е.А. Тарасенко, А.А. Конник</i>	
Эколого-экономические проблемы и перспективы рационального	88
использования минеральных ресурсов	
<i>Ф.Д. Ларичкин, А.Е. Череповицын, В.Д. Новосельцева, Ю.Г. Глущенко</i>	



75 ЛЕТ ГАРАЛЬДУ ОЙЯ

Г.А. Ойя, выдающийся специалист в области химии и металлургии, родился 1 февраля 1935 г. В 1958 г. он окончил Норвежский институт науки и технологии и в том же институте защитил докторскую диссертацию (1963 г.). Профессор Ойя прошел все ступеньки преподавательской и научной карьеры, работал директором института неорганической химии Норвежского института науки и технологии (1973–1990, 1993 гг.) и президентом Норвежской академии технологических наук (1985–1992 гг.). За заслуги перед страной ему пожалован титул Рыцаря Его Королевского Величества.

Научные интересы профессора Ойя необычайно разнообразны: электрометаллургия алюминия и магния, химия редкоземельных металлов, производство кремния, технология получения угольных материалов, термодинамика и процессы переноса в высокотемпературных системах и др.

Им опубликовано более 300 научных работ и подготовлено более 30 докторов наук.

Являясь необычайно деятельным и многообразным человеком и владея несколькими иностранными языками, профессор Ойя принимает активное участие в работе международного научного сообщества. Будучи членом восьми обществ и девяти международных комитетов, Гаральд Ойя избран членом шести различных академий.

Особую известность и любовь профессор Ойя завоевал в России, благодаря следующим обстоятельствам:

1. Он явился организатором и руководителем 28 алюминиевых курсов, на которых прошли обучение много российских специалистов.

2. Совместно с М. Сорлье он написал книгу «Катоды алюминиевых электролизеров», по которой учились фактически все студенты и инженеры мира, в том числе и России, занимающиеся производством алюминия.

3. Гаральд Ойя множество раз был участником конференций «Алюминий Сибири», и его доклады вызывали всеобщий интерес.

4. Профессор Ойя много раз консультировал компанию РУСАЛ по разным вопросам технологии производства алюминия

5. Он обладает необычайно притягательным характером: прост в общении, легок в отношениях с другими людьми, обязателен, любознателен и готов удовлетворить любознательность других, любит юмор, не капризен, но имеет твердый характер.

Именно поэтому Гаральд пользуется уважением всех инженеров России, занятых производством алюминия и углеродистых материалов.

Его заслуги перед Россией отмечены членством в двух академиях – инженерной и технологической.

Мы шлем профессору Гаральду А. Ойя пожелания крепкого здоровья и успехов во всех начинаниях.

П.В. Поляков

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ И ПРОГНОЗНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЗОЛОТОНОСНОСТИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

С.С. Сердюк

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Основная цель прогнозно-металлогенических исследований – выявление закономерностей распределения оруденения в иерархической системе геологических тел и построение картографической модели металлогенического и прогнозного районирования территории.

Методика прогнозно-металлогенических исследований

Методика прогнозно-металлогенических исследований определяется технологической схемой, включающей ряд последовательных процедур, опирающихся на принципиальные позиции общегеологического и металлогенического уровней: 1) сбор и систематизация геологической и геофизической информации; 2) структурно-формационный анализ осадочно-вулканогенных, вулканогенных и интрузивных образований с целью построения иерархической классификации тектонических элементов: формаций, структурно-формационных комплексов (зон), тектонических комплексов и мегакомплексов; 3) формационный анализ рудных и метасоматических образований и определение их возрастной принадлежности; 4) анализ металлогенических факторов и критериев эндогенного и экзогенного оруденения; 5) металлогеническое районирование и характеристика иерархической системы металлогенических объектов; 6) прогнозное районирование и характеристика перспективных площадей, включая оценку ресурсного потенциала; 7) определение рациональной схемы направления геологоразведочных работ в пределах перспективных территорий.

Решающим фактором в определении степени перспективности территорий представляется оценка предельных прогнозных ресурсов объектов металлогенического районирования, учитывающая как степень изученности, так и геолого-промышленные характеристики прогнозируемых рудных объектов.

Оценка прогнозных ресурсов металлогенических объектов производилась в соответствии с основными положениями методических рекомендаций ЦНИГРИ (1982–1988, 1986, 1989, 2002).

Основные черты геологии и металлогении золотоносных провинций

Выявлены основные черты геологического и металлогенического строения золотоносных (золото-платиноносных) провинций Енисейской Сибири: Восточно-Саянской, Западно-Саянской, Кузнецко-Алатауской, Енисейской, Норильской, намечены новые перспективные провинции: Таймыро-Североземельская, Анабарская, Маймеча-Котуйская, Западно-Эвенкийская, Южно-Эвенкийская (рис. 1, табл. 1).

Золотоносные провинции по ряду важных геолого-металлогенических особенностей классифицированы на две группы:

– I группа: провинции в складчатых областях байкальской и каледонской консолидации с элементами активизации в герцинском цикле (1-ая подгруппа: Енисейская, Таймыро-Североземельская провинции; 2-ая подгруппа: Восточно-Саянская, Западно-Саянская, Кузнецко-Алатауская провинции);

– II группа: провинции в окраинных платформенных структурах (преимущественно герцинской консолидации) Сибирской платформы.

По металлогеническим особенностям провинции первой группы относятся к существенно золотоносным, второй – к существенно золото-платиноносным. Соответственно для них характерен свой спектр типовых рудных (россыпных) формаций:

– для провинций первой группы: золото-кварцевая, золото-сульфидная, золото-кварц-сульфидная, золото-серебряно-кварц-сульфидная, золотоносных метасоматитов (березитов, лиственитов, вторичных кварцитов), золотоносных кор выветривания, группа россыпных формаций различного происхождения;

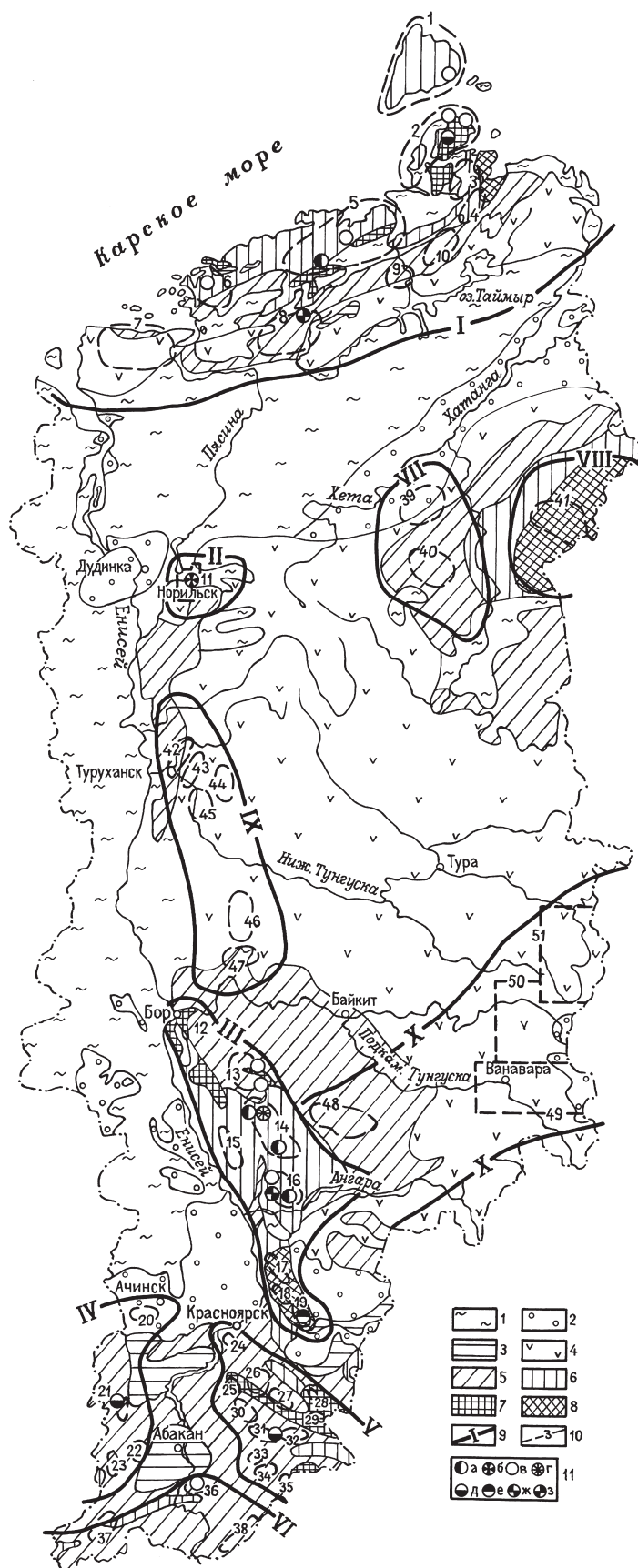


Рис.1. Схема золотоносности Красноярского края

1-8 тектонические комплексы: 1 - верхнеальпийский, 2 - нижнеальпийский, 3 - верхнегерцинский, 4 - нижнегерцинский, 5 - каледонский, 6 - байкальский, 7 - карельский, 8 - докарельский; 9 - золотоносные и золотоплатиноносные провинции; 10 - золоторудные (рудно-россыпные) районы, площади, узлы; 11 - типы месторождений (проявлений): а - золотосульфидный, б - золотоплатино-медноникелевый комплексный, в - золотокварцевый, г - золотоносных кор выветривания, д - золото-кварц-сульфидный, е - золотосеребрянокварц-сульфидный, ж - золотосурьмяный, з - золоторудный

Золотоносные и золотоплатиноносные провинции: установленные: I - Таймыро-Североземельская, II - Норильская, III - Енисейская, IV - Кузнецко-Алатауская, V - Восточно-Саянская, VI - Западно-Саянская, перспективные: VII - Маймеченско-Котуйская, VIII - Анабарская, IX - Западно-Эвенкийская, X - Южно-Эвенкийская

Рудные (рудно-россыпные) районы, площади, узлы: 1 - Большевикский; 2 - Челюскинский; 3 - Нижнегольцовский; 4 - Верхнеленинградский; 5 - Нижнетаймырский; 6 - Мининский; 7 - Убойинский; 8 - Тарейский; 9 - Энгельгардовский; 10 - Траутфеттерский; 11 - Норильский; 12 - Чернореченская; 13 - Северо-Енисейский; 14 - Ерудинский; 15 - Приенисейский; 16 - Южно-Енисейский; 17 - Посольненский; 18 - Кузеевский; 19 - Богуневский; 20 - Александровский; 21 - Саралинско-Коммунарский; 22 - Уйбатский; 23 - Балыкский; 24 - Осинский; 25 - Тубильский; 26 - Жайминско-Арзыбейский; 27 - Верхне-Манский; 28 - Караганский; 29 - Янгинский; 30 - Сисский; 31 - Ольховско-Чибикский; 32 - Шиндинский; 33 - Копский; 34 - Нижне-Амьский; 35 - Верхне-Амьский; 36 - Приенисейско-Шумихинский; 37 - Анзас-Кизасский; 38 - Усинский; 39 - Гулинский; 40 - Романихинский; 41 - Котуйканский; 42 - Северореченский; 43 - Ерачиминский; 44 - Бильчанский; 45 - Онецкий; 46 - Дегалинский; 47 - Учамский; 48 - Камовская; 49 - Ванаварская; 50 - Верхне-Чуньская; 51 - Илимпейская

Таблица 1

Модель золотоносности Красноярского края

Метакомплексы. Металлогенические этапы	Золотоносные провинции, рудные формации, месторождения, рудные зоны, перспективные площади									
	Енисейская	Восточно-Саянская	Западно-Саянская	Кузнецко-Алатауская	Таймыр-Северозамельская	Анабарская	Норильская	Маймечакотуйская	Западно-Евенийская	Южно-Евенийская
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Верхний альпийский (палеоген-квартер)	Аллювиальных, элювиально-делювиальных, элювиальных, техногенных россыпей Тёя, Енашимо, Нойба, Вангаш, Мурожная). Карстовых россыпей (Дюбош, Чубош, Дыдан, Огневка). Золотоносных гравийников и галечников (кирпачевская свита (неоген))	Аллювиальных, карстовых россыпей (Чибикж, Ольховка, Сисим, Сейба, Кан, Мана, Мина)	Аллювиальных россыпей (Аназас-Кизасский, Шушенский районы)	Аллювиальных, карстовых, техногенных россыпей (Саралинский, Коммунаровский, Балжакский районы)	Золотоносных элювиальных россыпей (Гольшева). Золотоносных морских россыпей (Паландера, Вилькицкого). Золотоносных галечников и гравийников (эоцен) (Мамонта, Шренк)	Золотоносных и золото-платиновых россыпей (Арбын, Уоран-Юряга, Котуйкан)	Платиновых россыпей (природных и техногенных) (Щучья, Медвежий)	Аллювиальных золото-платиновых россыпей (Тула, Сабьда, Дунитова, Ингарингда)	10	Аллювиальных россыпей золота и платиноидов (Пимптекан, Илимпейская, Ванаварская, Верхне-Чунская площади)
Нижний альпийский (юра-палеоген)	Золотоносных кор выветривания (Олимпиадинское (коровые руды), Самсон, Зырянское). Золотоносных конгломератов (нижняя юра)	Золотоносных кор выветривания (Ольховское, Сухой Лог, Кора, Сейбинское)	Золотоносных кор выветривания (Мало-Сейская, Жебашская, Уйская, Шушенская, Майнская площади)	Золотоносных кор выветривания (Юзик, Балжакский, Александровский районы (хр. Арга)	Золотоносных кор выветривания (Серебрянское, Кунарское, Унгинское). Золотоносных конгломератов (Унгинское). Золотоносных кор выветривания	Золото-платиновых кор выветривания (?)		Золото-платиновых кор выветривания (?)		Редкометалльно-золото-платиновых кор выветривания (Чукотон, Есей)
Верхне-герцинский (карбон-триас)	Золотоносных конгломератов (?) (нижний карбон)			–	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Боотанкага, Биннода, Дюмталей). Золото-ртутная (Извилитовое)	Сульфидная золото-медно-никелевая (Талнах, Октябрьское, Норильск I и др.). Малосульфидная платиновая (Норильск I и др.)	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Ерачминский, Бильчанский, Онексский, Дегалинский, Учамский районы)	Платиновая щелочно-ульфидная (Крестовский, Гулинский массивы)	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Подкаменно-Тунгусская площадь). Золотосодержащая магнетитовая со скарнами, кварц-кальцитовыми и кварцевыми гидротермальными-метасоматическими образованиями (Илимпейская, Ангара-Катская группы железорудных месторождений). Золотосодержащая колчеданно-полиметаллическая (Чуна). Барит-целестинная золотосодержащая (прогнозируемая) (Пужирская, Укыитканская и др. зоны).	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Подкаменно-Тунгусская площадь). Золотосодержащая магнетитовая со скарнами, кварц-кальцитовыми и кварцевыми гидротермальными-метасоматическими образованиями (Илимпейская, Ангара-Катская группы железорудных месторождений). Золотосодержащая колчеданно-полиметаллическая (Чуна). Барит-целестинная золотосодержащая (прогнозируемая) (Пужирская, Укыитканская и др. зоны). Редкометалльно-золото-платиновая щелочно-ульфидная карбонатная (Хушминское, Ириктинское, Чукотонское).

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нижнегерцинский (средний ордовик-девон)					Золото-сульфидная (Скалистое, Каньон)					
Каледонский (ванд-ранний ордовик)	Золотоносных конгломератов (эвенкийская свита)	Золото-сульфидно-кварцевая (Константиновское, Лысогорское, Медвежье, Ольховское, Средняя Тарча, Дистлеровское, Каратавское). Золото-сульфидная (Крольское, Кизир, Янга, Тубиль, Жайма, Мана). Золото-редкометалльная (золото-скарновая) (Мало-Тартяское, Кутурчинское)	Золото-кварцевая (Кировское, Мало-Шушенское, Татянинское, Покусное, Шапанское). Медно-колчеданная золотосодержащая (Майнское). Золото-сульфидная (Анзас-Кизасский район) (?). Золото-скарновая (?). Золото-скарновая (?).	Золото-кварцевая (Саралинское). Золото-кварц-сульфидная (Коммунарское). Золотоносных метасоматитов (кварцитов) (Моховое, Александровский район (хр. Арга). Золото-скарновая, золото-редкометалльная (перспективные)	Золото-кварцевая (Челюскинский золотой-кварцевый пояс: Челюскинское, Жильное, Литкенское, Фоминское). Золото-кварц-сульфидная (Кунарское, Гольшевское). Золотоносных метасоматитов (березиты, листениты) (Серебрянское, Мод, Мамонтовское). Метаморфизованных золотосных конгломератов (гематитовые и сульфидные: Лаптевское, Заборское, Продольнинское, Мамонтовское)					Золотосодержащих медистых песчаников и сланцев (Камоновская, Тохомская площади)
Байкальский (рифей)	Золото-кварцевая (Енисейский золотой-кварцевый пояс: Советское, Эльдorado, Васильевское, Доброе, Полярная звезда, Сергеевское, Пролетарское, Ударное, Первенец, Кварцевая гора, Герфед). Золото-сульфидная (Олимпиадинское, Тьрадинское, Ведугинское, Михайловское, Боголюбовское, Золотое, Попутинское). Золото-кварц-сурьмяная (Удереиское, Раздолинское (?). Золото-редкометалльная (Олень, Высокое). Золото-ртутная (Угловое, Большое). Золото-скарновая (Чапа, Тыреда). Золотоносных конгломератов (чивидинская, лопатинская свиты, чингасанская серия). Золото-кварц-сульфидная (Зырянское, Боровинское)	Золото-кварцевая (Нижне-Сисимское, Сейбинское, Горное)								
Карельский, докарельский (ранний-средний протерозой, архей)	Золото-серебряно-кварц-сульфидная (Кузевское, Богунавское)	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Кингашское)			Метаморфизованных золотосных конгломератов (Дорожинское).	Малосульфидная платиноносная (Котуйкан-Монохолинская и Билляхская зоны). Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Вюрбор). Золото-кварцевая. Золото-сульфидно-кварцевая. Золото-кварц-полеволитовых метасоматитов (Мэрю). Древних золотосных конгломератов (?). Золотосных кор выветривания (домукунского уровня) (?)				

– для провинций второй группы: сульфидная золото-платино-медно-никелевая, малосульфидная платиноносная, золото-платиноносная щелочно-ультраосновная, золотосодержащая магнетитовая скарновая и гидротермально-метасоматическая кальцит-кварцевая, редкометалльно-золото-платиноносная, золото-платино-редкометалльная кор выветривания, аллювиальных золотоносных и золото-платиноносных россыпей.

Важной чертой металлогенического строения золотоносных провинций первой группы является широкий спектр рудных формаций, имеющих промышленное значение и локализующихся в виде поясов и зон: золото-кварцевая (Челюскинский, Енисейский золото-кварцевые пояса), золото-сульфидная (Енашиминско-Чиримбинский пояс), золото-серебряно-кварц-сульфидная (Кузеевско-Богунайская зона). Для золото-платиноносных провинций в окраинных структурах Сибирской платформы характерно ареальное (очаговое) расположение и небольшое количество промышленно значимых рудных формаций: сульфидная золото-платино-медно-никелевая и малосульфидная платиноидная (Норильский район, Восточно-Саянская провинция).

Систематика формаций и месторождений золота

Основываясь на опыте отечественных исследователей и фактическом региональном материале, автором предложена систематика эндогенных и экзогенных золотоносных формаций Енисейской Сибири (Сердюк, 2004, 2007, 2010) (табл. 2).

Данная систематика охватывает две группы золотоносных формаций: эндогенную (золото-кварцевая, золото-сульфидная, золото-платино-медно-никелевая комплексная сульфидная, золото-кварц-сульфидная с метасоматитами березит-лиственитового ряда, золото-серебряно-кварц-сульфидная, золото-кварц-сурьмяная, золото-ртутная) и экзогенную (формации золотоносных кор выветривания: золотоносных каолинитов и лимонитов, золото-вермикулитовая, золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек; золотоносная окисно-марганцевая; золотоносных кор выветривания по метасоматитам пропилит-березитового ряда; формации золотоносных россыпей: аллювиальная, элювиальная (элювиально-делювиальная, техногенная).

Металлогеническое и прогнозное районирование золотоносности

Геологическое строение и металлогения золота определяются структурно-вещественными образованиями нескольких тектонических циклов: докарельского, карельского, байкальского, каледонского, герцинского, нижнего и верхнего альпийских. Тектоническим комплексам региона свойственны свои особенности вещественного состава, структуры, регионального метаморфизма, магматизма и металлогенической специализации (Бровков, Ли, Охупкин, 1978; Геология и металлогения..., 1985; Даценко, 1984; Корнев, 1986; Кузнецов, 1968; Ли, 1968, 1970; Ли, Круглов, Михеев, 1974; Обручев, 1961; Середенко, 1986; Сердюк, 1997, 2002; 2004, 2010; Цыкин, 1967; Шер, 1974; Шилов, 1985).

В соответствии с особенностями геологического строения и закономерностями распределения рудных объектов выделяется иерархическая система металлогенических подразделений: металлогенические зоны, золотоносные районы, узлы, рудные формации, месторождения, перспективные площади (участки) (рис. 1).

Оценка прогнозных ресурсов рудного и россыпного золота провинций Красноярского края приведена в таблице 3.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Типы месторождений																
2. Структура месторождения	Локальные складки, осложненные зонами смятия и расчленения песчаных, сланцевых толщ, контролируют системы со- складчатых и св- кушх кварцево- жилых и жильно- прожилковых зон и тел (линзовид- ные и S-образные формы и их сочетания)	Метасомати- ческие залежи седловидной и линзовидной фор- мы прожилково- вкрапленные, золото-сульфидных, локализиро- ван- ных в сводо- вых зонах, частях антиклина- лей и синклина- лей как правило «по- перечных» к про- тиранию основ- ных геологиче- ских структур, зоны эндо-и экзокон- тактов батолитов, гранитоидов, на- ложенные линей- ные золотонос- ные коры выветривания	Вулкано- интрузивно- рудная ассо- циация в трапповых мульт. дах, осложнен- ных глубинными разломами	Жилы и линзы, контролирующие локальные и региональные разломы в эндо-и экзоконтак- товых зонах, «выступы» гранитоидных массивов	Сложные системы локальных складок и разрывных нарушений (зоны милонитов и диафторитов), оплывающие крупные зоны милонитов (мощность до 2-3 км) При- енсейского разлома	Зоны смятия и мелкой складчатости в падающей с системой гласных разрывных нарушений в приядерных частях складок	Крылья брахиантиклиналей, осложненные системой разнооформенных разломов	Линейно-площадные коры выветривания по зонам первичной минерализации золото-сульфидной формации	Линейные коры выветривания по зонам прожилково-рудного оруденения (телам) золото-кварцовой, вулканогенно-осадочных формаций в экзоконтактах массивов гранитоидов	Линейные коры выветривания по зонам метасоматитов прожилит-белитового ряда, локально кварцевых и жил кварц-кулисообразных зонах разломов метасоматитов	Линейные коры выветривания по зонам метасоматитов прожилит-белитового ряда, локально кварцевых и жил кварц-кулисообразных зонах разломов метасоматитов	Площадные коры выветривания мел-палеогенового возраста по золотоносным полимиктовым конгломератам (нижняя кора)	Алювиально-оплозня речных систем (I-IV-V порядков), развешивающиеся по эндогенным золотоносным формациям	Элювиально-делювиальные оплозня приводо-раздельных поверхностей и склонов	Техогенные образования по алювиально-элювиально-альным россыпям	
3. Рудные тела 3.1. Состав руд	Кварц-карбонат-пирит-пирротин-арсенопирит - золото (свободное в кварце, сульфиды), Пробность 920-985 (пирит-пирротин-арсенопиритовый, советский тип), (блекловорудно-арсенопирит-васильевский тип), (золото-висмутный, титимуктинский тип)	Первичные руды. Кальцит-кварц-мусковит-клинохризит, арсенопирит-пирротин-пентландит-антимонит, бертьевит. Содержание сульфидов от 3-5% до 95%. Золото тонкое, дисперсное, пылевидное. Пробность: I - генерация - 910-997; II - генерация 640-760. Окисленные руды коры выветривания. Кварц-гидрослюдисто-молиториллоид-каолинит-буржелезниковое оруденение.	Вкрапленные руды: троилит-пирротин-кубанит-халькопирит-пентландит-массивные руды: халькопирит (галенит, молибденит, пентландит-троилит-магнетит, кубанитовые, кубанит-халькопирит-пирротиновые руды) с Au, Pt, Rh, Pd, Ir, Os; прожилково-вкрапленные руды: пирротин-пентландит-сульфидарсениды железа, никеля, кобальта (SIF).	Сульфидно-кварцевый, кварц-сульфидный, золото-сульфидный (кварц-полевой шпат-халькопирит-пирротин) Пробность 770-940.	Карбонат-пирит-сфалерит-галенит-арсенопирит. Пробность золота 585. Основная примесь - серебро. Пробность 585.	Кварц-антимонит-бертьевит-золото, халькопирит-кварц-пирит. Пробность 550-750.	Карбонат-кварц-пирит-арсенопирит-реальгар-антимонит-киноварь. Пробность - 500-650.	Кварц-гидротит-лимонит-каолинит. Пробность - 900-950.	Гидрослюды- каолинит- вермиккулит.	Глинисто-лимонитовые руды и кварцевые сыпучки. Пробность - 870-950.	Тетит-псидо-мелан- каолинитовые руды. Пробность: первичные руды - 720-750, руды коры выветривания - 730-1000.	Кварц-гидрослюдисто- каолинитовые руды. Пробность - 800 - 970.	Кварц- каолинитовые руды по конгломератам. Пробность - 900-980.	Галечно-песчаные оплозня. Пробность - 800 - 970.	Глинистые, гравийно-песчаные, глинистые оплозня. Пробность - 900-980.	Галечно-гравийно-песчаные, реже глинистые оплозня. Пробность - 700-950.

Продолжение таблицы 2

[illegible]

Таблица 3

**Прогнозные ресурсы рудного и россыпного золота Красноярского края
(по состоянию на 01.01.2006 г.)**

Металлогеническая провинция (зона), полезное ископаемое, объект прогноза	Прогнозные ресурсы, т			
	Всего P ₁ +P ₂ +P ₃	в том числе		
		P ₁	P ₂	P ₃
1	2	3	4	5
Всего рудное золото. Красноярский край	3143,6	478,2–	1199,3–	1403,5–
Енисейский край, всего:	1997,3	457,9	816	641,2
В т. ч.:				
Северо-Енисейский рудный район	535,7	243,3	75,4	197
Нойбинский узел	49,7	–	49,7	–
Советский узел	198,5	41,8	25,7	131
Верхне-Енашиминский узел	144,9	144,9	–	–
Ерудинский узел (пр-е Кварцевая гора)	40,0	20,0	20,0	–
Панимбинский узел	66	–	–	66
Ведугинский узел (Ведугинское месторождение)	36,6	36,6	–	–
Южно-Енисейский рудный район	885,5	211,5	494,0	180,0
В т.ч. Аяхтинский рудный узел	260,0	30,0	70,0	160,0
Партизанский рудный узел, в т.ч.	424,4	99,6	304,8	20,0
Западная рудная зона	18,0	–	18,0	–
Месторождение Удереysкое (р.п.)	25,0	25,0	–	–
Рудопроявление Ильинское и Нижне-Таловское	8,0	–	8,0	–
Месторождение Герфед	61,8	34,5	2,7	–
Урало-Васильевское рудное поле (р. п.)	23,5	–	23,5	–
Месторождение Самсон	17,0	17,0	–	–
Герфед-Самсоновская рудная зона	228,0	–	228,0	–
Месторождение Васильевское	19,1	19,1	–	–
Месторождение Бабушкина гора	4,0	4,0	–	–
Мало-Мурожнинская зона	20,0	–	–	20,0
Раздолинский узел в т.ч.: ПГУ-1	197,5	67,5	130,0	–
ПГУ-2	100,0	–	100,0	–
ПГУ-5	30,0	–	30,0	–
Месторождение Боголюбовское	67,5	67,5	–	–
Приенисейский район	160,3	–	79,1	81,2
в т.ч.:				
Киликейский узел	70,0	–	–	70,0
Зырянский узел	90,3	–	79,1	11,2
Ангари-Канский рудный район	412,2	17,5	156,7	183,0
в т.ч.:				
Посолянинский узел	38,0	2,0	25,0	11,0
Кузеевский узел	216,0	6,0	60,0	150,0
Богунайский узел	158,2	9,5	71,7	77,0
Восточный Саян, всего:	377,5	7,8	140,7	239,0
в т. ч. Манский район	156,0	–	44,0	112,0
в т.ч. Таловское рудное поле	44,	–	44,0	–
Верхне-Манская рудная зона	112,0	–	–	112,0

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Сисимский район	50,3	–	15,3	35,0
в т.ч.				
Нижне-Сисимский участок	45,8	–	10,8	35,0
Сейбинское рудопроявление	4,5	–	4,5	–
Ольховско-Чибижекский район	141,2	7,8	81,4	52,0
в т.ч. Ольховско-Чибижекский узел	33,4	7,8	21,6	4,0
в т.ч. месторождение Высота 830	1,4	1,4	–	–
Месторождение Ивановское	1,4	1,4		
Рудопроявление				
Каратавское	5,8	1,2	4,6	–
Рудопроявление				
Снегиревское	0,5	–	0,5	–
Рудопроявление				
Китатское	0,5	–	0,5	–
Кора и другие участки золотоносных кор выветривания	16,0	–	16,0	
Месторождение Ольховское западный фланг	3,8	3,8	–	–
Южно-Кундусуюльская площадь	4,0	–	–	4,0
Колпинская зона	20,8	–	20,8	–
Шиндинский рудный узел	39,0	–	39,0	–
в т.ч. проявление Левошиндинское	5,8	–	5,8	–
Рудопроявление Малотартоякское	28,3	–	28,3	–
Рудопроявление руч. Сухого	4,9	–	4,9	–
Каспинско-Канзыбинский рудный узел	48,0	–	–	48,0
Копский район	10,0	–	–	10,0
Верхне-Канский район	30,0	–	–	30,0
Западный Саян	112,4	12,5	62,6	37,3
В т.ч.: Приенисейско-Шушенский район	24,9	6,2	18,7	–
в т.ч. Мало-Шушенское месторождение	24,9	6,2	18,7	–
Верхне-Амыльский район	5,0	–	–	5,0
Нижне-Амыльский район	43,5	6,3	11,9	25,3
Усинский район	39,0	–	32,0	7,0
в т.ч.: Золотой узел	7,0	–	–	7,0
Узюпский узел	32,0	–	32,0	–
в т.ч.: рудопроявление Булан	16,0	–	16,0	–
Рудопроявление Чинжаш	8,0	–	8,0	–
Рудопроявление Куярт	8,0	–	8,0	–
Аргинский район	55,0	–	–	55,0
Таймыр	575,0	–	180,0	395,0
В т.ч.: Большевикский район	295,0	–	180,0	115,0
Челюскинский район	100,0	–	–	100,0
Нижнетаймырский район	100,0	–	–	100,0
Мининский район	30,0	–	–	30,0
Тарейский район	50,0	–	–	50,0
Эвенкия	30,0	–	–	30,0
Чернореченская площадь	30,0	–	–	30,0

Продолжение таблицы 3

1	3	4	5	6
Всего россыпное золото. Красноярский край	314	478,2	1199,3	1403,5
Енисейский кряж, всего, в т.ч.	139,1	23,4	34,6	81,1
Северо-Енисейский район	1,5	9,5	2,0	–
Южно-Енисейский район,	17,0	11,0	6,0	–
Приенисейский район	31,96	0,165	12,3	19,5
Вороговский район	0,124	0,124	–	–
Ангара-Канский (Посольно-Кузеевский) район	6,3	2,6	3,7	–
Древние россыпи	22,15	–	10,55	11,6
Коры выветривания	50,0	–	–	50,0
Всего:	78,5	2,6	14,3	61,6
Восточный Саян, всего, в т.ч.	19,2	5,5	8,2	5,5
Красноярский район	2,6	0,8	1,3	0,5
Манский район	3,0	1,3	0,7	1,0
Сисимский район	3,9	0,9	1,6	1,4
Ольховско-Чибихежский район	4,1	1,5	1,2	1,4
Верхне-Канский район	3,0	0,7	1,9	0,4
Копский район	2,6	0,3	1,5	0,8
Западный Саян, всего, в т.ч.	9,4	2,4	3,0	4,0
Приенисейско-Шушенский район	1,0	0,1	0,2	0,7
Верхне-Амыльский район	2,3	1,9	–	0,4
Нижне-Амыльский район	2,5	0,4	1,6	0,5
Усинский район	3,6	–	1,2	2,4
Таймыр	333,0	–	–	333,0
Большевический район	60,0	–	–	60,0
Челюскинский район	167,0	–	–	167,0
Нижнетаймырский район	106,0			106,0
Эвенкия	93,3	–	–	93,3
Ванаварская площадь	44,7			44,7
Илимпейская площадь	25,2			25,2
Верхне-Чуньская площадь	23,4			23,4

Таким образом, составлена специализированная металлогеническая «Карта золотоносности Красноярского края» масштаба 1:2 500 000, выполнена современная геолого-металлогеническая оценка рудного и россыпного золота Красноярского края, которая является основой для развития золотодобывающей промышленности и экономики края в целом.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО РУДНОГО УЗЛА И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ЕГО ПРОМЫШЛЕННОЙ РУДОНОСНОСТИ

В.А. Макаров

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск, Россия

Очевидно, что с началом освоения Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения региону Восточной Тывы будет дан мощный импульс развития горно-добывающего сектора экономики. Этому же будет способствовать строительство проходящей неподалеку железной дороги Курагино-Кызыл. Строящемуся комбинату в перспективе потребуются новые источники сырья. Вместе с тем, ресурсная база свинца и цинка в регионе не исчерпывается запасами Кызыл-Таштыгского месторождения и может быть расширена за счет перспективных участков одноименного рудного узла, в пределах которого автору доклада довелось работать на протяжении шести полевых сезонов.

Кызыл-Таштыгский рудный узел размещается в южной части Улугуйской колчеданноносной зоны Восточной Тывы, которая является крупным широтным палеорифтом раннего кембрия на западной окраине Тувинско-Байкальского линейного сооружения. Заложение и развитие вулканического трога происходило на склоне зачехленного Бийхемского выступа Боксон-Хубсугул-Дзабханского микроконтинента (срединного массива) в условиях зрелой континентальной коры, что сближает его с крупномасштабными колчеданными провинциями рудноалтайского типа. Основанием геологического разреза являются метаморфические сланцы охемской свиты венда и харальской серии протерозоя Бийхемского выступа срединного массива, а геологическим экраном промышленного оруденения – мелководные отложения туффито-терригенно-кремнистой формации раннего кембрия (сыынакская свита). Роль рудовмещающей среды выполняет туматтайгинская свита, представленная вулканогенным разрезом контрастной гомодромной риолит-базальтовой формации (преобладают базальтоиды) натриевой и калинатовой специализацией щелочей. По этой характеристике Кызыл-Таштыгский рудный узел обнаруживает общность с колчеданными провинциями уральского типа. Главной рудоносной структурой района является краевая вулканотектоническая депрессия, определяющая позицию, границы и металлогенические особенности Кызыл-Таштыгского рудного поля. Значительные перспективы обнаруживают структуры внутреннего прогиба, определяющие положение Оттугтайгинской рудоносной площади. По совокупности имеющихся данных (тип фундамента, состав рудоносной вулканической формации, эволюция магматизма, геотектоническая позиция, вещественный состав руд, минеральные парагенезисы и др.) колчеданное оруденение Кызыл-Таштыгского рудного узла относится к колчеданно-полиметаллической рудной формации, являющейся переходным звеном в ряду колчеданноносных провинций рудноалтайского – уральского типов (Кузбный и др., 1990).

Установлено, что колчеданное оруденение в пределах Кызыл-Таштыгского рудного узла представлено тремя типами: 1) вулканогенно-осадочным существенно-колчеданным; 2) гидротермально-метасоматическим колчеданно-полиметаллическим; 3) гидротермальным барит-полиметаллическим. Первый тип оруденения имеет широкое площадное развитие в Кызыл-Таштыгской вулканотектонической депрессии и проявляется в виде горизонтов и пачек минерализованных пород, рудокластов и конкреций в разрезе верхней туматтайгинской подсвиты на трех уровнях: нижний (месторождение Кызыл-Таштыг, участки Водопадный, Пиритовый кар), средний (месторождение Дальнее, рудопоявление Южное) и верхний (участки Каровый, Адырлыгский, Южный). На Оттуг-Тайгинской площади оруденение приурочено к средней толще подсвиты. Наибольшим развитием вулканогенно-осадочные руды (тонко-грубослоистые разности, рудокласты и конкреционно-диагенетические образования) пользуются в горизонтах и пачках углеродистых сланцев, алевропелитов, вулканомиктовых песчаников, туффитов и туфоконгломератов, риодацитов, базальтов и в обвальном-оползневых брекчиях этих пород. Второй тип оруденения (гидротермально-

метасоматический колчеданно-полиметаллический) наиболее полно представлен на месторождениях Кызыл-Таштыг, Дальнее и на рудопроявлении Южном. Рудные тела здесь тесно связаны с экструзивно-субвулканическими фациями вулканитов, приурочены к долгоживущим тектоническим нарушениям и нередко имеют комбинированную форму. Третий тип оруденения (гидротермальный барит-полиметаллический) является поздним и представлен барит-полиметаллическими и существенно баритовыми рудами месторождений Кызыл-Таштыг, Дальнее, рудопроявления Перевального и участка Карового. Руды локализованы в разломах северо-западного простирания (участок Перевальный) и в узлах их пересечения с субширотными структурами (Кызыл-Таштыгское месторождение). Характерная особенность оруденения – тесная связь его с дайками риолитовых, риолито-дацитовых порфиров и диабазов. Наиболее масштабным является второй тип оруденения (Макаров, Калеев, 1990).

Имеющиеся данные, таким образом, отражают гетерогенность (полигенность) и определенную разновозрастность (полихронность) колчеданного оруденения. Различные типы колчеданного оруденения представлены в структурах Кызыл-Таштыгского рудного поля как индивидуально, так и в различных сочетаниях, что находит свое отражение в сложности и длительности процессов рудогенеза на тех или иных месторождениях и рудопроявлениях. В зависимости от типов оруденения или их сочетаний выявлено четыре группы геологических обстановок, определяющих закономерности размещения, условия формирования руд и методику проведения поисковых работ: проявление типов 1 (участок Водопадный), 2 (рудопроявления Южное, Скалистое) и 3 (участок Перевальный в «чистом» виде); сочетание типов 1–2 (Магистральный) и 1–2–3 (месторождения Кызыл-Таштыг, Дальнее, возможно, участок Каровый). Наиболее продуктивными в отношении промышленных колчеданно-полиметаллических руд считаются обстановки (структуры), в которых сочетаются все три типа оруденения.

Типовая модель промышленных месторождений и рудных залежей Кызыл-Таштыгского рудного узла определяется сочетанием продуктивных геологических обстановок и главных факторов рудолокализации, из которых для оценки перспектив ведущее значение имеют формационные, литолого-стратиграфические, магматические и структурные. К числу ведущих формационных и литолого-стратиграфических предпосылок поисков промышленных руд относятся:

- 1) рудовмещающая контрастная риолит-базальтовая формация (туматтайгинская свита), свойственная главнейшим колчеданноносным провинциям мира;
- 2) туффито-терригенно-кремнистая формация (сыынакская свита), выполняющая роль геологического экрана закрытых рудоносных структур Кызыл-Таштыгской вулканотектонической депрессии;
- 3) пачки углеродистых сланцев, туффитов и вулканомиктовых пород с послойно-вкрапленным седиментным колчеданным оруденением (рудоносные уровни);
- 4) горизонты рудокластов, конкреций, линзовидных тел и обломков железисто-кремнистых пород (яшмоидов), известняков и спилитов (сопровождают колчеданное оруденение).

Из магматических факторов важнейшими для целей прогноза являются:

- 1) экструзивы и субвулканические интрузии кислого состава – основные элементы флюид-порфирового комплекса пород, с которым промышленное оруденение района обнаруживает тесные пространственно-временные связи (присутствуют на месторождениях, рудопроявлениях и в зонах минерализации);
- 2) эксплозивные и эксплозивно-гидротермальные брекчии – неперемнная составная часть рудоносного флюид-порфирового комплекса (свойственны всем месторождениям и рудопроявлениям);
- 3) тесное сочетание минерализованных брекчий и брекчиевидных пород с габброидами той же фации (свойственны месторождениям и наиболее перспективным структурам);
- 4) пояса дайковых пород кислого и основного состава, включая дайки эксплозивных и эксплозивно-гидротермальных брекчий (характерны для зон с колчеданно-полиметаллическим и барит-полиметаллическим оруденением).

К числу структурных предпосылок поисков промышленных руд относятся:

- 1) крупные вулканотектонические депрессии, выполненные сложными по составу и строению вулканогенно-осадочными и туффито-туфо-лавовыми разрезами рудоносной формации (определяют позицию, границы и металлогеническую специализацию рудных полей);

- 2) внутренние прогибы и краевые поднятия в пределах вулканогенно-тектонических депрессий (определяют позицию месторождений);
- 3) долгоживущие мобильные магмо- и рудоконцентрирующие системы сложнодислоцированных блоков, локальных вулканогенно-тектонических структур и глубинных магморудоподводящих разломов, в том числе слепые (определяют позицию рудоносных структур месторождений);
- 4) зоны долгоживущих глубинных разломов, включая зоны трещиноватости и повышенного расщепления пород (определяют позицию месторождений, рудопроявлений и рудных тел);
- 5) структуры вулканических куполов и жерл, субвулканических депрессий (рудолокализирующие структуры месторождений, рудопроявлений и минерализованных зон);
- 6) сочетание послонных срывов, зон расщепления и секущих разломов в сложных по составу и строению вулканогенно-осадочных разрезах месторождений, рудопроявлений и минерализованных зон (основные локализирующие структуры промышленных руд гидротермально-метасоматического типа);
- 7) горизонты кремнистых пород, контакты субвулканических тел и потоков кислых и основных пород в структурах месторождений, рудопроявлений и минерализованных зон (геологические экраны рудных тел).

Отмеченные формационные, литолого-стратиграфические, магматические и структурные факторы рудолокализации оценены в качестве важнейших геологических предпосылок (поисковых критериев) прогнозирования промышленного оруденения.

Среди поисковых признаков колчеданных руд в пределах Кызыл-Таштыгского рудного узла различаются прямые и косвенные.

Прямые признаки:

- 1) наличие оруденения разных генетических типов;
- 2) повышенная седиментная колчеданная минерализация в рудоносных уровнях (геохимические барьеры для промышленного оруденения);
- 3) проявление колчеданных и колчеданно-полиметаллических рудокластов в гравелито-конгломератных и оползневых горизонтах спилит-гиалокластит-туфобрекчиевых пород (свидетельствуют о наличии промышленных руд в подстилающем разрезе);
- 4) высокая насыщенность вулканогенно-осадочных толщ сульфидными, сульфидно-оксидными и карбонатными конкрециями (характеризует обстановки интенсивного седиментного рудогенеза и диагенетической дифференциации рудовмещающей среды);
- 5) железисто-кремнистые гидротермально-осадочные образования (отражают рудоносные уровни и локализованы в кровле колчеданных залежей);
- 6) зоны гидротермально-метасоматической сульфидной вкрапленности (сопровождают слитные руды);
- 7) зоны гидротермальной жильно-прожилковой баритовой и барит-полиметаллической минерализации (характерны для фронтальных зон месторождений);
- 8) ксенолиты руд в дайках, эксплозивных и эксплозивно-гидротермальных брекчиях (отражают сближенность в пространстве и во времени продуктов рудно-магматического процесса);
- 9) геохимические признаки (первичные и вторичные комплексные ореолы рассеяния рудообразующих металлов, отвечающие объектам разного масштаба): для вулканогенно-осадочного оруденения характерны послонно-вытянутые (стратиформные ореолы свинца, меди, цинка, бария, мышьяка, марганца и фосфора; гидротермально-метасоматическому типу свойственны положительные аномалии рудных (свинец, цинк, серебро, медь, барий, кадмий, молибден, мышьяк, кобальт и отрицательные петрогенных (хром, никель, титан, ванадий) элементов; для гидротермального типичны узкие секущие аномалии свинца, серебра, бария, меди и цинка.

Косвенными признаками продуктивного рудного процесса служат:

- 1) минералогическо-петрографические (зоны предрудных и сорудных метасоматитов, вмещающие рудные залежи гидротермально-метасоматического типа; гидротермалиты апикальных частей кислых субвулканических интрузий флюид-

порфирового типа; зоны относительно слабых дорудных изменений, фациально сменяющие на флангах продуктивные гидротермалиты);

- 2) геофизические (гравитационные аномалии, фиксирующие позицию рудоносных вулcano-тектонических депрессий, интрузий, разломов и зон гидротермального метаморфизма; электроразведочные аномалии, отвечающие суммарным физическим эффектам от окolorудных пород, метасоматитов и руд месторождений и рудопроявлений).

Оценка перспектив промышленного колчеданного оруденения в условиях Кызыл-Таштыгского рудного узла базировалась на результатах комплексного анализа всей суммы геолого-металлогенических данных с учетом опыта крупномасштабных прогнозных исследований в колчеданосных провинциях Рудного Алтая и Урала (Принципы и методы ..., 1972; Поиски ..., 1985).

На основе геолого-генетической модели рудообразования и выявленных поисковых критериев и признаков промышленного оруденения была составлена карта прогноза. Подсчет прогнозных ресурсов производился методами экстраполяции, близкой аналогии и по геохимическим данным (первичным и вторичным ореолам). К наиболее перспективным площадям (работы первой очереди) отнесены площади Кызыл-Таштыгского месторождения, его восточного фланга и участка Карового. К северу от Кызыл-Таштыгского рудного поля определились перспективные структуры Оттуг-Тайгинской рудоносной площади (потенциальное рудное поле).

На Кызыл-Таштыгском месторождении высокими перспективами обладают глубокие горизонты и фланги. Пробуренные для реализации прогноза скважины установили возможность заметного увеличения запасов и ресурсов месторождения за счет расширения размеров известных и выявленных новых рудных тел. Часть предложенных к утверждению прогнозных ресурсов по месторождению, по существу, уже реализованы. Имеются реальные возможности дополнительного прироста запасов. Реализация ресурсов целесообразна в процессе доразведки и эксплуатации месторождения.

Рудные зоны восточного фланга являются непосредственным продолжением Кызыл-Таштыгского месторождения. Прогноз на восточном продолжении рудоносных структур подтвержден поисковым бурением: выявлена серноколчеданная залежь и вскрыты маломощные массивные колчеданно-полиметаллические руды, широкий ореол окolorудных метасоматитов и прожилково-вкрапленное медно-цинковое и медное оруденение.

На участке Каровом в одном из буровых профилей подсечен верхний горизонт рудокластов, представленный обломками гидротермально-измененных пород, серноколчеданных и колчеданно-полиметаллических руд. Ниже горизонта выявлена зона с измененными флюид-порфирами и вкрапленностью сульфидов. В позиции второго рудоносного уровня канавами вскрыты золото-сереброносные баритовые и барит-полиметаллические жилы мощностью около 1,5–2 м. Единичной скважиной пересечены грубо слоистые седиментные и маломощные массивные гидротермально-метасоматические руды. Результаты горных и буровых работ, таким образом, подтвердили принципиальную рудоносность структур и возможность обнаружения здесь промышленных залежей. Работы по реализации прогноза требуют дальнейшего развития.

На Оттуг-Тайгинской рудоносной площади при геолого-поисковых работах были выявлены слоистые и вкрапленные серноколчеданные, массивные полиметаллические и жильные доломит-сидерит-полиметаллические руды, а также перспективные геохимические и геофизические аномалии (рудопроявления Магистральное, Скалистое, Лесосечное и др.). На участке Магистральном скважиной вскрыта мощная зона цинкового оруденения с содержанием цинка более 5 %.

Площади работ второй очереди включают в себя перспективные участки, обладающие возможностями прироста запасов и обнаружения колчеданно-полиметаллических и барит-полиметаллических рудных залежей мелкого и среднего масштабов (месторождение Дальнее, рудопроявление Южное, Перевальное).

Потенциальная колчеданосность Восточной Тывы высокая. Промышленные возможности провинции могут быть реализованы прежде всего в процессе детальных поисков руд в пределах Кызыл-Таштыгского рудного поля и на Оттуг-Тайгинской площади. Последующими крупномасштабными прогнозно-металлогеническими исследованиями должны быть охвачены Сыынакская и Кызыл-Таштыгская вулcano-тектонические депрессии Улугуйской и рудоносные структуры Ондумской зон. Заслуживают пристального

внимания в отношении оценки перспектив колчеданосности субширотные Окинская и Дибинская зоны, размещающиеся на продолжении Улугойской структуры в северной окраинной части Боксон-Хубсугул-Дзабханского палеомикроконтинента (срединного массива) в общей структуре рудоносного Тувинско-Байкальского линеамента. Эти зоны выполнены терригенно-вулканогенными отложениями (включая бимодальные вулкани-ты), свойственными древним окраинно-континентальным рифтам деструктивного типа. В орбиту металлогенических исследований должны быть вовлечены как площади разви-тия раннекембрийских вулкани-тов, так и непосредственно прилегающие к ним структу-ры и геологические разрезы позднего докембрия и нижнего – среднего девона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузубный В. С., Калеев Е. А., Макаров В. А. Вулканогенно-осадочное колчеданное оруденение Кызыл-Таштыгского рудного поля Восточной Тувы // Геология рудных место-рождений, 1990. № 1. С. 110–116
2. Макаров В. А., Калеев Е. А. Опыт изучения полигенных колчеданных месторожде-ний и оценка перспектив их глубоких горизонтов по геохимическим данным // Изв. Ву-зов. Сер. Геология и разведка, 1990. № 7. С. 73–57.
3. Поиски меднорудных месторождений / Бородаевская М. Б., Володин Р. Н., Крив-цов А. И. и др. М.: Недра, 1985. 219 с.
4. Принципы и методы прогнозирования медноколчеданного и полиметаллического оруденения / Бубличенко Н. Л., Воробьев Ю. Ю., Иванкин П. Ф. и др. М.: Недра, 1972. 260 с.

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫНКА НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ РУД ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.Е. Череповицын, А.А. Соломатина

ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный горный институт
имени Г.В. Плеханова (технический университет)», г. Санкт-Петербург, Россия

Никель относится к стратегическим видам полезных ископаемых. Его важность объясняется разнообразными уникальными свойствами, например такими как: добавка никеля в сплавы увеличивает прочность, износостойкость, коррозионную стойкость, повышает тепло- и электропроводность, улучшает магнитные и каталитические свойства. В ряде областей, например, при изготовлении реактивных двигателей, сплавы никеля незаменимы.

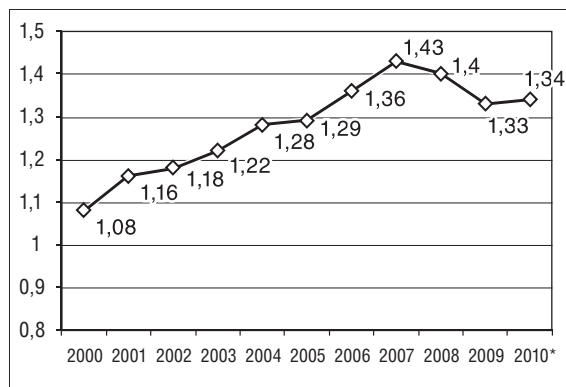
Мировая добыча никеля за период 2000–2009 гг. выросла на 23 %. Это было связано и с существенным ростом цен на мировых рынках металла и с увеличением спроса. Динамика производства никеля и его прогноз на 2010 г. представлена на рисунке 1.

Основными производителями никеля в мире являются 15 стран, в их числе Россия, Канада, Австралия, Индонезия, Новая Каледония, Колумбия. Общая доля названных стран в мировом производстве никеля в рудах и концентратах составила около 70 % [1, 2] (рис. 2).

Перечень стран, где действуют металлургические мощности по производству первичного никеля (металла, полученного из руд и готового к непосредственному использованию потребителями без дополнительной переработки), шире, нежели список добывающих никелевые руды и не совпадает с ним. Многие металлургические предприятия используют сырье, поступающее с расположенных поблизости рудников, но вместе с тем широко распространена практика его дозакупки, часто в других странах. Подавляющая часть сырья, перерабатываемого на заводах европейских стран, импортируется [3].

Мощная металлургическая база по производству никеля, созданная в Японии, полностью работает на привозном сырье – никелевых рудах и штейне [2]. Стремительными темпами нарастает металлургическое производство никеля в Китайской Народной Республике. С 1990 по 2008 г. оно выросло в 7,5 раз. Местной рудой обеспечено менее половины металлургических мощностей страны, недостающее сырье завозится из-за границы.

Основными факторами, характеризующими конъюнктуру рынка любого вида продукции, являются спрос, предложение и цены. В конце 90-х годов – начале 2000-х ситуация на рынке была в высшей степени благоприятной для производителей никеля. Она была создана причинами объективного характера, такими как: стабильный рост спроса на никель со стороны мировых производителей нержавеющей стали, интенсивное экономическое развитие в КНР и сдвиг сроков освоения новых никелевых месторождений на более поздние даты.



* – прогнозные данные
Данные International Nickel Study Group

Рис. 1. Динамика добычи никеля
в мировом масштабе

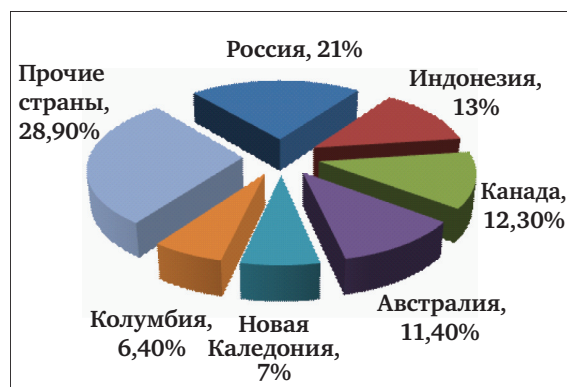


Рис. 2. Мировое производство никеля в товарных рудах и концентратах в 2009 г., % [2]

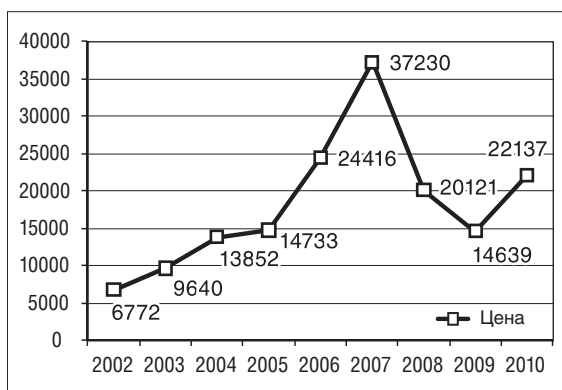


Рис. 3. Динамика среднегодовых цен на рафинированный никель (спот) на Лондонской бирже металлов (ЛБМ), долл./т

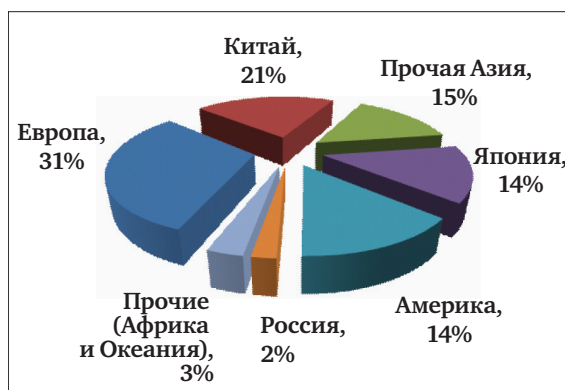


Рис. 4. Потребление никеля по регионам мира в 2008 году

Цены на сырье являются основным фактором, влияющим на развитие горнодобывающих отраслей промышленности. С 1990 по 2003 г. среднегодовые цены на никель колебались, но находились на Лондонской бирже металлов (основная площадка, где торгуют никелем) в диапазоне 4600–9600 долл./т. Беспрецедентный рост цен на мировом рынке, начавшийся в конце 2005 г., продолжался весь 2006 г. и до середины 2007 г., приблизившись в мае к 52,2 тыс. долл. за тонну. Однако к августу цены упали почти в два раза – до 27,7 тыс. долл., а к концу года снизились до 26 тыс. долл./т. И все же по сравнению с 2007 г. среднегодовая цена на рафинированный никель на ЛБМ выросла на 52,5 % – до 37230 долл./т, а относительно 1990 г. в 4,2 раза (рис. 3).

В 2008 г. цены стали заметно ниже прошлогодних, но речь может идти только об относительной дешевизне металла. Уровень современной цены в 14–19 тыс. долл./т не сопоставим с 52 тыс. долл./т, который наблюдался в мае 2007 г. Тем не менее долгосрочные прогнозы, сделанные ведущими аналитиками в 2005–2006 гг., предполагали уровень цены на отметке 8 тыс. долл./т. Ценовой фактор не всегда объективно отражает уровень производства никеля и его рост. Так, в 2008 снижение добычи составило 2 %, а снижение цены 46 %. Все это позволяет говорить о возможностях устойчивого развития никелевой отрасли и в условиях высокой изменчивости мировой рыночной конъюнктуры.

Масштабными темпами растет спрос на никель в экономике Китая. В 2009 году в мире было импортировано 20,3 млн тонн руд и никелевых концентратов, из которых в Китай – 16,6 млн тонн (82 % от мирового объема) [2]. Столь существенный рост был достигнут за счет того, что в стране быстрыми темпами шло наращивание мощностей по выпуску сталей, в том числе никельсодержащих.

Основные импортёры рафинированного никеля – индустриально развитые страны (США, Германия, Япония, Бельгия, Тайвань, Италия) и Китай, никеля 2-го класса – Южная Корея, Германия, Тайвань и Италия. Руды для загрузки собственных плавильных мощностей приобретают Япония, Австралия, Финляндия, Китай, Зимбабве [3].

Исходя из исследования рынка никеля, необходимо отметить бурно развивающийся спрос на никельсодержащую продукцию в странах азиатско-тихоокеанского региона. Для российского производителя никеля на Дальнем Востоке, представленного компанией ЗАО НПК Геотехнология, данная тенденция может иметь серьезные позитивные аспекты экономического развития.

Региональный рынок потребителей никеля на Дальнем Востоке представлен, прежде всего, следующими странами: Китай, Япония, Тайвань и Южная Корея.

Достоверной российской статистики о потреблении никеля внутри страны в последние годы не публикуется. Внутренний спрос на никель находится в пределах 25–30 тыс. т, снизившись с 1991 по 2007 г. в 5,3 раза, хотя в мире потребление металла стабильно растет с каждым годом [3].

Основными потребителями никеля являются металлургические предприятия, производящие нержавеющую металлопродукцию. На их долю приходится почти 60 % всего потребления в мире. Размещение в России предприятий черной металлургии крайне неоднородно: в западной части территории, включающей Центральный и Уральский фе-

деральные округа (ФО), сосредоточено до 85–90 % мощностей металлургических предприятий. На территории к востоку от Урала крупные сталелитейные заводы имеются в Кемеровской области и Красноярском крае, а на востоке страны есть только два металлургических предприятия: Петровско-Забайкальский МК в Читинской области и завод компании ОАО «Амурметалл» в г. Комсомольске-на-Амуре [1].

Камчатка – одна из крупнейших никеленосных провинций, по масштабам оруденения занимающая 3–4 место в мире в ряду месторождений руд этого класса [4]. Кроме значительных запасов никеля, велико и содержание полезного компонента: в среднем около 5 %, притом что богатыми считаются руды со средним содержанием более 1 %. Разработкой месторождений медно-никелевых руд на Камчатке занимается закрытое акционерное общество научно-производственная компания «Геотехнология». Кроме того, предприятие активно ведет геологоразведочные работы на территории Камчатского края и в Амурской области.

Месторождение Шануч располагается в Быстринском административном районе Камчатского края, в 172 км от с. Мильково. Ближайший населенный пункт – пос. Ичинский на побережье Охотского моря. Месторождение состоит из нескольких медно-никелевых рудных тел, условия разработки – средней сложности и относится к месторождениям нагорного типа.

Кондициями предусматривалась отработка открытым способом до отметки 430 м. Остальную часть утвержденных запасов до горизонта с отметкой 300 м проектом предусматривается отработать подземным способом.

Строительство предприятия началось в 2005 году, первая тонна руды добыта в 2007 г. На данный момент завершена опытно-промышленная отработка Шанучского кобальт-медно-никелевого месторождения открытым способом. Введен в эксплуатацию подземный рудник, строительство которого закончено примерно на 30 % (на 20 % закончен комплекс поверхности и на 50 % непосредственно участок подземных выработок).

Месторождение «Шануч» представлено сульфидными рудами. Основными ценными компонентами в руде являются никель – 5,0–5,27%; медь – 0,77–1 %, кобальт – 0,11–0,16 %. Наряду с этим, в рудах присутствует 0,2–0,3 г/т платины, 0,2–0,3 г/т палладия, 0,1–0,2 г/т золота.

Транспортировка добытой горной массы осуществляется автотранспортом в накопительные склады г. Петропавловска-Камчатского – на расстояние 552 км. Далее – до потребителя – морской транспорт.

Запасы никеля по состоянию на 01.01.2009 года учитываются на месторождении Шануч по категории С1 в количестве: руды – 990,609 тыс. тонн, никеля – 58,993 тыс. тонн; по категории С2: руды – 229,494 тыс. тонн, никеля – 9,296 тыс. тонн. Забалансовые запасы составляют 4,647 тыс. тонн руды и 0,097 тыс. тонн никеля. Балансовые запасы меди по кат. А+В+С1 составляют в количестве: руды – 990,609 тыс. тонн, меди – 8,536 тыс. тонн; по кат. С2 – 229,494 тыс. тонн руды и 1,964 тыс. тонн меди. Балансовые запасы кобальта кат. С2 – 229,49 тыс. тонн руды, кобальта – 307,52 тонн [5, 8].

Дальнейшее наращивание запасов предприятия возможно преимущественно в результате поисково-оценочных работ на площади месторождения, где выявлен ряд геофизических и геохимических аномалий, перспективных на выявление медно-никелевых руд. Также ресурсный потенциал медно-никелевых руд может быть существенно расширен за счет дальнейшего изучения Дукукского рудного узла и, в первую очередь, Квинумской группы рудопроявлений, прогнозная оценка которых значительно превышает оценку месторождения Шануч.

За 2008 год ЗАО НПК «Геотехнология» добыло 115314 тонн руды, выработано рудоконцентрата с учетом движения остатков незавершенного производства за предыдущие периоды работы 123911 тонн, что в три с лишним раза превышает аналогичные показатели за 2007 год. В 2009 году, несмотря на ряд серьезных проблем, связанных с существенным снижением цен и законодательными ограничениями по зарубежным поставкам, предприятие произвело и реализовало на экспорт 118 тыс. тонн рудоконцентрата.

Одной из основных проблем развития предприятия является значительное снижение мировых цен на никель в 2008 году. В этой связи необходимо решить вопрос о возможностях использования механизмов государственной поддержки, посредством кредитно-финансовых инструментов.

Также серьезной экономической проблемой предприятия является ограниченный рынок сбыта. Если кризисные явления и мировые цены являются объективными факторами,

Таблица 1

Показатели деятельности ЗАО НПК «Геотехнология» за 2008 год

№	Наименование показателей	Ед. изм.	Всего за 2008 год	
			план	факт
1.	Добыча полезных ископаемых: руда	тонн	88865	115314
2.	Выработано концентрата	тонн	66649	123911
3.	Произведено товарной продукции	млн руб.	1381,8	2088,5
4.	Реализовано товарной продукции	млн руб.	1381,8	1942,5
5.	Цена товарной продукции за 1 т руды	руб.	20733	16855
6.	Объем налоговых поступлений, в том числе	млн руб.	–	86,4
6.1.	в бюджеты всех уровней	млн руб.		86,4
6.2.	в краевой бюджет	млн руб.	нет данных	нет данных
7.	Объем инвестиций	млн руб.	350,0	497,412
8.	Численность работающих	чел.	823	832
8.1.	в том числе жители Камчатского края	чел.	823	832

на которые сложно повлиять, то возможности проникновения на рынки сбыта стран азиатско-тихоокеанского региона могут появляться благодаря снятию экспортных ограничений, и зависит это от государственной политики применительно к данному предприятию.

Свою продукцию компания «Геотехнология» экспортирует в Китай. В 2009 г. в связи с принятием Правительством РФ Постановления № 286 об отмене с 9 апреля возможности экспорта сырьевых товаров, содержащих платину и металлы платиновой группы, у предприятия возникла проблема реализации продукции. В течение 6 месяцев решался вопрос о введении поправок в закон или выдачи предприятию специальной лицензии. В результате на складах предприятия и в морском порту Петропавловска-Камчатского скопилось 25 тыс. тонн нереализованного медно-никелевого концентрата стоимостью порядка 12 млн долларов США [6]. В этой связи появились долги по зарплате, которые составили 38 млн руб., было приостановлено производство, не производились расчеты с поставщиками и перевозчиками. Осуществлять продажу руды на внутреннем рынке представлялось нерентабельным из-за высоких транспортных расходов. Ближайший покупатель: уральские металлургические заводы, предлагали цену, не покрывающую даже себестоимости производимой продукции.

Таким образом, стабильность работы предприятия во многом зависит от взаимоотношений с китайскими партнерами. А изменения в политической, экономической или социальной сфере могут привести к повторению описанной ситуации.

Решение проблемы состоит в поиске альтернативных рынков сбыта. Внешний рынок может быть представлен такими странами, как: Япония, Тайвань, Ю. Корея – из-за высокого потребления никеля этими странами и удобной расположенности с точки зрения доставки продукции. Но при работе с иностранными партнерами остаются актуальными те же проблемы законодательных ограничений, что и в данный момент.

В этой связи необходимо рассматривать возможности реализации продукции на внутреннем рынке. Из-за высоких транспортных издержек, на территории Европейской части интерес для компании может представлять только Дальневосточный регион.

Потребление металлопродукции (основное использование никеля) в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке оценивается в 2,5–3 млн т в год. При этом суммарные годовые мощности двух заводов, выпускающих стальную продукцию, не превышают 1,8 млн т металлопроката, и часть её экспортируется. Таким образом, промышленность региона обеспечена стальной продукцией местного производства всего на 30–40 %.

Учитывая высокий спрос на металлопродукцию в регионе, компания ОАО «Амурметалл», владеющая заводом в Комсомольске-на-Амуре, предпринимает усилия для расширения его мощностей и модернизации сталелитейного производства. Предприятие планирует в ближайшие 2 года перейти на производство стали не из скрапа, а из первичного сырья. Таким образом, для производства стали высокого качества, легированной стали потребуются никель. Что позволяет рассматривать ОАО «Амурметалл» как потенциального покупателя продукции ЗАО НПК «Геотехнология».

Камчатка – это полуостров, изолированный от всех своих покупателей (и существующих и потенциальных) обширными морскими территориями. Кроме того, на доставке от производства до морского порта используется автомобильный транспорт, который работает на привозном топливе (в среднем на 10 р/л дороже чем, в Европейской части РФ). Соответственно транспортная составляющая в себестоимости существенна, поэтому необходимо совершенствовать схемы поставок и формировать более эффективную систему логистики. Также целесообразным представляется сократить перевозки «пустой руды», т.е. осуществить модернизацию производства на этапе обогащения. И, следовательно, продавать не руду с содержанием никеля 5%, а металлический штейн (содержание никеля около 48%).

На основании проанализированных факторов и тенденций составим укрупненную матрицу возможностей и угроз развития предприятия ЗАО НПК «Геотехнология».

Таблица 2

SWOT-анализ для предприятия «Геотехнология»

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Внутренняя среда	Сильные стороны: • Продукция предприятия очень высокого качества (5% содержание никеля в рудоконцентрате), защищенные в ГКЗ и дополнительно разведанные запасы составляют около 150 тыс. т никеля • Наличие опытных менеджеров – несмотря на всю совокупность проблем, случившихся одновременно, и отсутствие требуемой помощи от государства, предприятие избежало банкротства, восстановило производство и на данный момент практически погасило все долги	Слабые стороны: • Нехватка квалифицированных кадров как среди ИТР, так и среди рабочих • Напряженная ситуация в среде работников в связи с недавними задержками заработной платы
Внешняя среда	Возможности: • Выход на российский рынок, в частности на Дальнем Востоке, производство и продажа продукта более высокого уровня: металлический штейн вместо руды • Выход на другие рынки АТР	Угрозы: • Существенные колебания цены на никель на мировых рынках • Возможность замены легированных сталей высокого качества, сталью с более низким содержанием никеля или переход к иным легирующим металлам в производстве нержавеющей сталей • Влияние геополитической ситуации на торговые отношения с АТР • Возможные ограничения законодательного характера

Макроэкономические тенденции внешней среды, в которых будет функционировать предприятие, формируются с помощью четырехэлементного методического инструментария PEST-анализа.

Политика:

1. «Геотехнология» входит в федеральный Перечень предприятий регионального значения, которым может быть оказана государственная поддержка для преодоления последствий мирового финансового кризиса.
2. Стабильная политическая ситуация на федеральном и региональном уровне.
3. Отсутствие четкой законодательной базы, регулирующей экспорт сырья, содержащего платину и металлы платиновой группы.
4. Стабильные отношения России со странами АТР.

Экономика:

1. Мировой финансовый кризис и его последствия с неопределенной временной продолжительностью.
2. Высокие затраты в связи с удаленностью региона и соответственно более высокий уровень цен: на энергетику, на коммуникацию, на содержание вахтового поселка.

3. Рост темпов инфляции.
4. Узкий рынок сбыта.
5. Отсутствие документированной и утвержденной стратегий развития металлургических отраслей промышленности.

Социальные факторы:

1. Отсутствие специализированных учебных заведений в регионе и, как следствие, квалифицированной рабочей силы.
2. Узкий региональный рынок труда.
3. Отток квалифицированных специалистов в Центральный регион России.
4. Рост стоимости потребительской корзины, требующий адекватного роста заработной платы.
5. Необходимость вахтового метода работы, в связи со значительной удаленностью от населенных пунктов.

Технологические факторы:

1. Использование новых технологий при обогащении (рентгенорадиометрическая сепарация). Рентгенорадиометрическая сепарация (РРС), используемая на предприятии, относится к новым высокоэффективным и экологически чистым технологиям обогащения.
2. Условия разработки средней сложности.
3. Отсутствие в стране отечественного технологического оборудования нужного класса качества и производительности (+ необходимость заказывать и доставлять оборудование на очень отдаленную территорию).

Взаимоотношения государства и горного бизнеса целесообразно осуществлять в рамках государственно-частных партнерств (ГЧП), базирующихся на взаимной заинтересованности в успешности деятельности этого сектора экономики и его финансовой устойчивости. С этой целью государству необходимо осуществлять гибкую налоговую и таможенную политику, учитывающую как конъюнктуру мирового рынка, так и складывающиеся условия формирования инвестиций для воспроизводства производственного потенциала в сфере добычи минерального сырья, его переработки и транспорта.

Инвестиционный фонд РФ является значимым инструментом при реализации крупных проектов государственного и регионального значения.

При отборе конкретных проектов используются следующие принципы:

- бизнес-идеи должны основываться на частной инициативе;
- инвестиционные проекты должны иметь общегосударственное или региональное значение;
- риски, связанные с участием в инвестиционном проекте, должны быть сбалансированы между государством и бизнесом;
- ожидаемые выгоды должны быть справедливо распределены между государством и бизнесом.

В середине 2008 года появились новые категории проектов регионального уровня, которые могут финансироваться из Инвестиционного фонда. Минимальный порог стоимости проекта, претендующего на софинансирование со стороны Инвестиционного фонда РФ, уменьшен с 5 млрд руб. до 500 млн руб. Тем самым эта мера расширяет перечень возможных проектов, включая в круг претендентов и средние по масштабу проекты в производственной сфере.

На поддержку из средств Инвестиционного фонда могут претендовать проекты, включающие создание (расширение) производственных мощностей, предполагающие строительство серьезных капитальных объектов. Доля инфраструктурной составляющей в таких проектах, финансируемая за счет государства, должна быть не более 50%. Остальные вложения должны быть гарантированы реальным инвестором. Государственные вложения в инфраструктуру осуществляются не на возмездной основе, так как регионы получают построенные инфраструктурные объекты в собственность. При этом производственные объекты будут находиться в собственности инвестора.

В общем виде схема финансирования и реализации проектов по переработке углеводородов в рамках модели с участием государства представлена на рисунке 5.

ГЧП может рассматриваться как один из наиболее действенных механизмов повышения эффективности государственных инвестиций за счет привлечения капитала и управленческого опыта частного сектора. ГЧП создает широкие возможности и для частного сектора, открывая доступ к новым сферам экономики, ранее не доступным для компаний.



Рис. 5. Принципиальная схема финансирования и реализации региональных проектов в горнометаллургическом производстве с использованием средств Инвестиционного фонда РФ

С точки зрения реализации и финансирования инновационных проектов, в горнометаллургическом производстве наиболее эффективным представляется софинансирование проектов через Инвестиционный фонд РФ. При строительстве и модернизации металлургических заводов или освоения труднодоступных месторождений часть капитальных затрат, необходимых на новую инфраструктуру, связанную с дополнительными коммуникациями, в том числе транспортными, можно покрыть за счет средств Инвестиционного фонда.

Применительно к освоению месторождений полезных ископаемых Дальнего Востока необходимо понимать геополитическую роль данного региона в развитии России. Одной из важнейших задач государственной политики является сохранение национальных интересов и формирование предпосылок к устойчивому экономическому росту в регионах Дальнего Востока [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы интернета: www.mineral.ru
2. Ресурсы интернета: <http://www.metalresearch.ru>
3. Ресурсы интернета: vak.ed.gov.ru/.../2009/26-10/IgrevskayaLV.pdf
4. Ресурсы интернета: <http://www.kamchatka.gov.ru/index.php?cont=76&menu=12>
5. Ресурсы интернета: <http://www.tfikamchatka.ru/docs/gorn/7/10.doc>
6. Ресурсы интернета: <http://www.metalinfo.ru/ru/news/35429>
7. Козловский Е. А. Дальний Восток: геополитическая ситуация, минерально-сырьевой потенциал и поиск решений // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России», 2007, № 2.
8. Яроцкий Г. П., Алискеров А. А., Бурмаков Ю. А., Орлов А. А. «Минерально-сырьевой потенциал Камчатской области» – Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатской государственного университета им. Витуса Беринга. 2007.

ЗОЛОТОНОСНЫЕ БЕРЕЗИТЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТОЕ ТЕЙСКО-УВОЛЖСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

*В.А. Макаров¹, В.В. Межубовский², В.Г. Михеев¹, П.Н. Самородский¹,
Е.В. Хмель¹, С.М. Макеев¹, Т.П. Стримжа¹*

¹ ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,
Институт горного дела, геологии и геотехнологий, г. Красноярск, Россия

² ООО ЦГИ «Прогноз», г. Красноярск, Россия

Тейско-Уволжский потенциальный рудный узел выделен по материалам Ю. М. Петрова, О. Э. Локтионова и других в 1993 году в междуречье рек Теи и Уволги, в зоне тектонического сочленения неметаморфизованных пород чингасанской и чапской серий орогенного комплекса и метаморфизованных пород сухопитской серии. Он входит в контур северной части Индольско-Тейской ураново-золоторудной зоны. При изучении урановых объектов на Тейском участке рудного узла проводилось попутное опробование на золото. В результате работ были выявлены 3 зоны вторично рассланцованных, сульфидизированных и окварцованных метасоматитов кординской свиты сухопитской серии. Прослеженная длина таких зон составляет порядка 1000–2500 м при ширине от 150 до 500 м. Зоны фиксируются вторичными ореолами рассеяния золота (с содержанием 0,01–0,8 г/т), мышьяка и других элементов-спутников, повышенными значениями магнитного поля (50–300 нТл), аномалиями радиоактивных элементов. В ручье Колесниковском, дренирующем одну из зон, отработана россыпь, из которой добыто 122 кг золота. Шлихи со знаками золота установлены в аллювии других ручьев участка.

В пределах минерализованных зон, по данным опробования канав, выделяются тела жильно-прожилкового окварцевания с содержанием золота 1,2–5,8 г/т при мощности от 1 до 28 м. В скважинах, пробуренных по зонам метасоматитов, выделяются рудные интервалы (2–47 м) с содержанием золота от 0,2 до 2,8 г/т. Содержание золота в отдельных штучных пробах составляло соответственно 9,7 и 12,0 г/т. Вышеуказанными авторами впервые рудные метасоматиты Тейского участка были названы березитизированными сланцами и березитами. С тех пор термин березиты для обозначения метасоматических пород Тейско-Уволжского рудного узла употребляется в работах Е. В. Дмитриевой, А. А. Стороженко, Н. Ф. Васильева и др. [1].

При проведении поисковых работ на всей площади Тейско-Уволжского рудного узла в 2007 и 2008 гг. ООО ЦГИ «Прогноз» по договору с ООО «Соврудник» наиболее масштабная зона золоторудных метасоматитов выявлена в динамосланцах по породам кординской свиты, на юго-западном фланге Нойбинской площади (Тейско-Уволжская зона березитов). В пределах зоны особенно детально было изучено рудопроявление ключа Золотого, которое в результате стало месторождением Золотое с утвержденными запасами коренного золота. Минерализованная зона месторождения представляет собой мощную (500–800 м) зону смятия и хлорит-серицит-кварцевого метасоматоза, которая локализуется в породах кординской свиты и вытягивается в СЗ направлении на 3–4 км параллельно Тейско-Уволжскому надвигу (рис. 1) [2].

Состав золоторудной минерализации и метасоматически измененных пород изучен по данным опробования канав и скважин. С точки зрения химизма и минерального состава, золотоносные метасоматиты (березиты) наиболее полно количественно охарактеризованы на материале технологических проб – таблицы 1, 2 и 3.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что кислотно-основная характеристика руд колеблется от 0,1 до 0,17 [3].

Протолитом метасоматитов месторождения Золотое являются вмещающие метапелиты-диафториты по метаморфическим сланцам, которые относятся к классу дислокационно-метаморфических надотряды средне- и кремнекислых пород бедных кальцием (метапелиты и кварц-полевошпатовые породы), отряду пород пересыщенных алю-

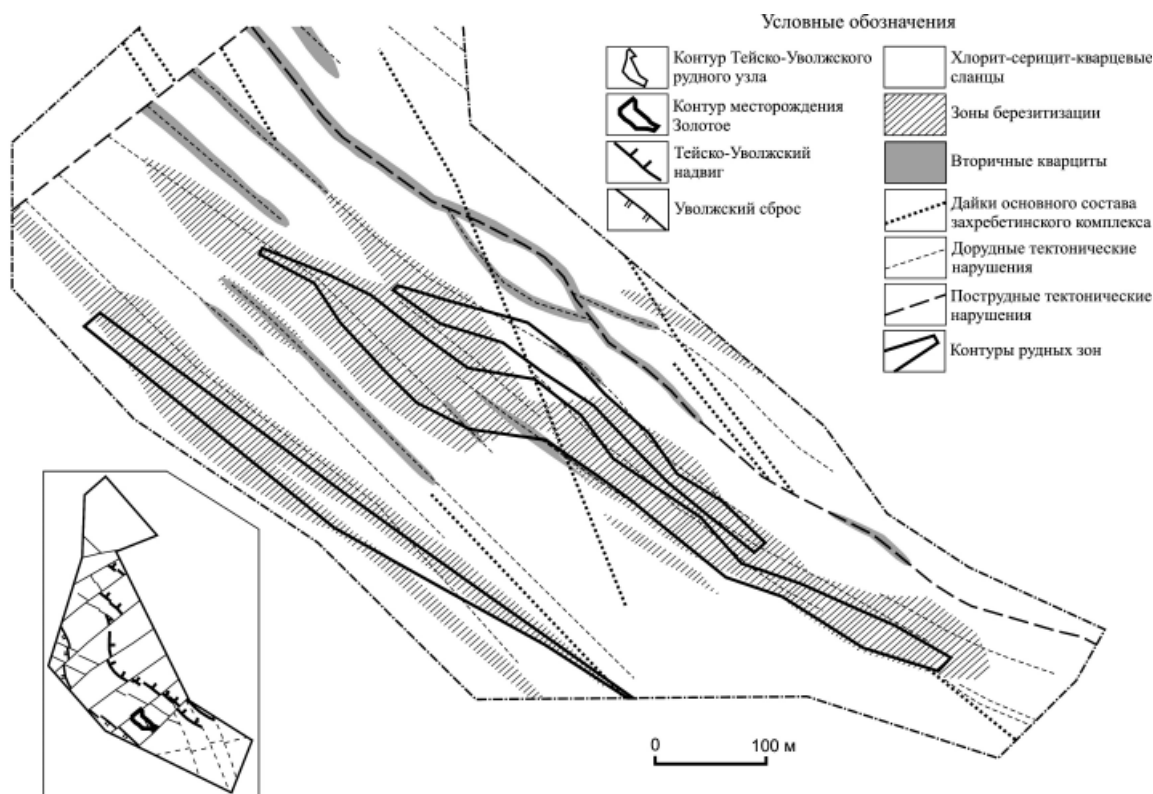


Рис. 1. Схема расположения рудных тел и зон березитизации месторождения Золотое

минием, подотрядом от нормально до умеренно щелочных, зеленосланцевой фации (семейство), милонитов и филлонитов гранат-биотит-хлорит-альбит-мусковит-кварцевого рода.

Как показано ранее, золотоносные метасоматически измененные породы Нойбинской площади группой авторов [1] по формационной принадлежности отнесены к березитовой формации метасоматитов. По данным Д.В. Рундквист и И.Г. Павлова [4], к формации березитов следует относить метасоматические образования, для которых типично замещение порообразующих алюмосиликатов кварцем, серицитом, пиритом, карбонатами (обычно анкеритом). Также при изменении пелитов широкое развитие среди минералов-новообразований получают хлорит и биотит при развитии пирита во всех зонах. На треугольной диаграмме упомянутых исследователей, отражающей распределение гидротермально-метасоматических формаций по отношению характерных петрогенных элементов (рис. 2), видно, что метасоматиты месторождения Золотое принадлежат к промежуточным разностям между березитами, грейзенами и вторичными кварцитами.

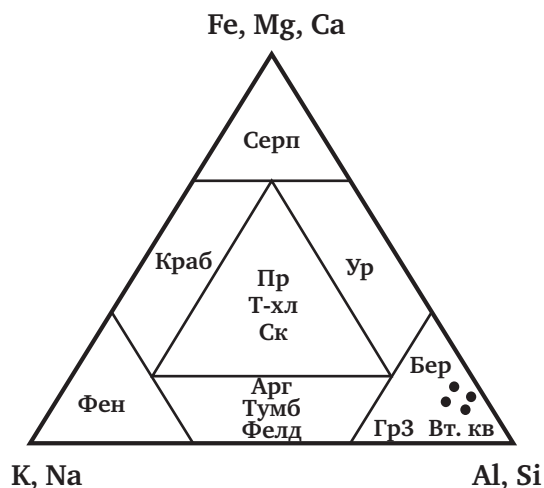


Рис. 2. Условное подразделение гидротермально-метасоматических формаций по характерным петрогенным элементам внутренних зон (по Д.В. Рундквисту, И.Г. Павловой, 1975).

Гидротермально-мета-соматические формации: Арг – аргиллизиты; Бер – березиты, Вт. кв – вторичные кварциты; Гр – грейзены; Гумб – гумбеиты; Карб – карбонатиты; Пр – пропициты; Серп – серпентиниты; Ск – скарны магнезиальные и известковые; Т-хл – турмалин-хлоритовые метасоматиты; Амф – метасоматические амфиболиты; Фелд – фельдшпатолиты; Фен – фениты; Ур – уралиты (амфиболиты); • – метасоматиты месторождения Золотое

Таблица 1

**Химические составы проб метасоматитов месторождения Золотое
(данные анализа технологических проб)**

Оксиды	Содержание компонентов в % на высушенное при 105 °С вещество			
	Номера проб			
	1	2	3	4
SiO ₂	67,36	65,60	65,02	57,25
TiO ₂	0,76	0,91	1,43	1,30
Al ₂ O ₃	14,93	16,27	18,52	23,16
Fe ₂ O ₃	5,90	7,12	8,58	9,13
FeO	3,83	3,08	–	–
MnO	0,052	0,035	0,19	0,12
CaO	1,05	0,16	0,2	0,06
MgO	1,49	1,41	1,44	1,31
Na ₂ O	1,90	1,39	1,07	0,64
K ₂ O	2,87	3,04	4,34	7,79
P ₂ O ₅	0,090	0,11	0,23	0,14
П. п.п	3,37	3,71	–	–
Сумма	99,77	99,76	101,02	100,9
S	0,73	0,44	0,12	0,06

Таблица 2

**Минеральный состав золотоносных метасоматитов месторождения Золотое
в контуре первичных руд (по данным технологического опробования)**

Минералы	Содержание, %
1	2
Пирит	1,5
Арсенопирит	Единичные выделения
Магнетит + гематит (мартит)	1,5
Анатаз	1,0
Золото	Единичные выделения
Кварц	42,0
Альбит	18
Хлорит	9,0
Кальцит	2,0
Мусковит	25,0
Пирротин, халькопирит, шеелит, гетит, рутил, ковеллин, борнит, висмутин, Ильменит, микроклин, биотит, гранат, апатит, турмалин, циркон, ильваит, графит, эпидот	Единичные выделения

Таблица 3

**Минеральный состав золотоносных метасоматитов месторождения Золотое
в контуре окисленных руд (по данным технологического опробования)**

Минералы	Содержание, %
1	2
Пирит	1,0
Арсенопирит	Единичные выделения
Магнетит + гематит (мартит) + железо	3
Анатаз + рутил	1,0
Золото	Единичные выделения
Кварц	40,0
Альбит	12
Хлорит	6,5
Кальцит	0,5
Мусковит	25,0
Каолин + галлуазит	5,0
Гетит, гидрогетит + лепидокрокит	6,0
Пирротин, халькопирит, шеелит, гетит, ковеллин, борнит, висмутин, микроклин, биотит, гранат, апатит, турмалин, циркон, ильваит, графит, эпидот	Единичные выделения

По В. А. Жарикову, В. Л. Русинову, А. А. Маракушеву и др. [5] для березитов характерно проявление процессов пиритизации, хлоритизации и карбонатизации.

Метасоматиты месторождения Золотое, впрочем, как и другие метасоматиты месторождений Енисейского края, отличаются от типичных березитов большей степенью хлоритизации и присутствием в их составе биотита, турмалина и арсенопирита в их составе. Тем не менее, согласно петрографическому кодексу России [6] метасоматиты месторождения Золотое соответствуют семейству и минеральному парагенезу апоалевропелитовых березитов регионально-метасоматического низкотемпературного класса, отряду кислотных, подотряду кремнеземистых пород, которые характеризуются следующим набором минералов: кварц+пирит+серицит+анкерит+доломит.

Видовая характеристика метасоматитов согласно указанному кодексу должна исходить из количественных минералогических характеристик состава метасоматитов. Таблицы количественного минерального состава метасоматитов месторождения Золотой приводятся для неокисленных и окисленных руд (табл. 2, 3). В соответствии с данными приведенных таблиц видовой состав березитов месторождения Золотое необходимо характеризовать как хлорит-альбит-мусковит-кварцевый.

В таблице 4 приведены данные по поведению отдельных элементов в результате метасоматических процессов на месторождении Золотое.

Таблица 4

Привнос – вынос элементов при образовании метасоматитов месторождения Золотое

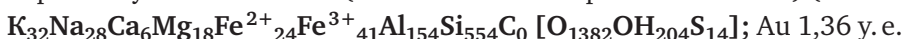
Элементы	Средний состав кординской свиты	Средний химический состав технологических проб ТП-1 + ТП-2	Привнос	Вынос
K	26	32	+6	
Na	16	28	+12	
Ca	89	6		-83
Mg	32	18		-14
Fe ²⁺	33	24		-9
Fe ³⁺	16	41	+25	
Al	112	154	+42	
Si	454	554	+100	
C	91	0		-91
O	1434	1382		-52
OH	150	204	+54	
S	18	14		-4
Au	0,16	1,36	+1,2	
			+239	-253

Результаты химических анализов отдельных составляющих кординской свиты взяты по данным диссертации Г. А. Середенко (148 частных проб) [5]:

Средний состав кординской свиты



Березиты участка Золотой (технологическая проба ТП-1 + ТП-2) (ООО ЦГИ «Прогноз»)



Показатели дисперсии данных по среднему составу кординской свиты дисперсии данных по петрографическим разновидностям пород и показатели привноса – выноса элементов для березитов месторождения Золотое приведены ниже:

K от –14 до +28 среднее +6

Na от –21 до +17 среднее +12

Ca от –162 до +2 среднее –83

Mg от –9 до –43 среднее –14

Fe²⁺ от –4 до –60 среднее –9

Fe³⁺ от +21 до +41 среднее +25

SiO₂ от +15 до +547 среднее +100

Al₂O₃ от –37 до +62 среднее +42
С от –20 до –165 среднее – 91
ОН от –76 до +132 среднее +54
S от –19 до +2 среднее – 4
Au от +1,16 до +1,33 г/т

Радиологический возраст биотита и мусковита из березитов и урановых минералов в породах суворовской свиты – уран-свинцовым методом равен 555 ± 25 Ма и 590 Ма по данным Ю. М. Петрова [8], а березитовых зон близкого по составу месторождения Благодатного, определенный Rb/Sr методом составляет 698–750 Ма по данным А. Д. Ножкина [8]. Возможно, это свидетельствует о двух этапах проявления березитизации – первый на уровне 698–720 Ма, второй на уровне 555–600 Ма.

В заключении необходимо заметить, что формационный тип золотоносных березитов месторождения Золотое согласно полученных данных невозможно относить к золото-сульфидной формации по содержанию серы и сульфидов в руде. Для месторождений подобного типа предлагается отнесение их к **золото-малосульфидной формации вкрапленных руд**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева Е. В., Стороженко А. А., Васильев Н. Ф., Дмитриев Г. А. Метасоматиты и золотоносность северной части Енисейского кряжа (Нойбинская площадь). Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, КНИИГГиМС, 2008, выпуск 9. с. 112–115.
2. Макаров В. А., Беговатов С. С., Шрайнер А. Д., Межубовский В. В., Макеев С. М., Хмель Е. В. Перспективы золотоносности северо-западного фланга Центральной золотоносной зоны Енисейского кряжа // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Вып. 7. Ч. 1. Красноярск ИПК СФУ, 2009. с. 31–40.
3. Борисов М. В. Оценка влияния химического состава вмещающих пород на эффективность процессов жильного рудообразования. IX Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. Т. 3. М.: 2009. с. 305.
4. Рундквист Д. В., Павлова И. Г. Значение зональности гидротермально измененных пород для выделения метасоматических формаций. Метасоматизм и рудообразование. Под ред. Казицина Ю. В. М.: Недра, 1975. с. 81–9
5. Жариков В. А., Русинов В. Л., Маракушев А. А. и др. Метасоматизм и метасоматические породы. М: Научный мир, 1998. 489 с.
6. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. Второе переработанное и дополненное. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
7. Середенко Г. А. Золотоносность кор выветривания заангарской части Енисейского кряжа. Специальность 04.00.14: Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений. Диссертация на соискание ученой степени канд. геол.-минерал. наук. Пос. Тея, Северо-Енисейского района. 1987. 193 с.
8. Петров Ю. М., Хабеев А. И. и др. Результаты геолого-прогнозных работ в северной части Приенисейской зоны и обобщение материалов по ураноносности Заангарской части Енисейского кряжа. Новосибирск, 1982.
9. Ножкин А. Д. Петрохимическая типизация докембрийских комплексов юга Сибири. (Докт. дисс.). Новосибирск: ОИГТМ СО РАН, 1997. – 98 с.

КОЛЧЕДАНЫЕ И Cu-Mo-Au-ПОРФИРОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ – ВАЖНЕЙШИЕ ИСТОЧНИКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В РОССИИ В XXI ВЕКЕ

Н.С. Бортников, И.В. Викентьев, А.В. Волков

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии,
г. Москва, Россия

Введение

Колчеданные и порфировые месторождения входят в число главных мировых источников Cu, Pb, Zn и Mo; кроме того, из них добываются попутно Au и Ag, PGE, редкие и рассеянные металлы (Co, Ni, Se, Te, In, Cd, Ga, Ge, Hg, Re). Они сопровождаются жильными полиметаллическими, золото-серебряными, сурьмяно-ртутными месторождениями-сателлитами и россыпями.

Проблема прогнозирования, изучения и оценки колчеданных и Cu-Mo-порфировых месторождений в подвижных поясах России – одна из наиболее актуальных задач для решения вопроса о расширении МСБ не только меди, свинца, цинка и молибдена, но и Au, Ag, PGE и редких элементов.

Вулканические и интрузивно-купольные структуры подвижных поясов от докембрийского до плиоценового возраста контролируют размещение этих месторождений.

В вулcano-плутонических поясах Северо-Востока России весьма реальны перспективы открытия новых колчеданных и Cu-Mo-Au-порфировых месторождений и их сателлитов.

Общая характеристика

Колчеданные месторождения по запасам Cu, Zn, Pb, Au, Ag относятся к классам средних и крупных с 50–200 млн т руды со средними содержаниями 1–2% Cu, 1–6% Zn, 0,05–1,5% Pb, 0,5–2 г/т Au, 10–150 г/т Ag, в единичных случаях – сверхкрупных (>5 млн т Cu, > 10 млн т Zn, > 3 млн т Pb и до 350 млн т руды). Возраст их от архейского до современного с пиками накопления в позднем архее (2720–2690), раннем протерозое (1890–1850), кембрии-раннем ордовике (542–472), девоне-раннем карбоне 416–345 млн лет назад [5].

На **Урале** – крупнейшей в мире колчеданоносной провинции – развиты раннесилурийские и, особенно, ранне-среднедевонские месторождения (табл. 1); источники цветных металлов других генетических типов малозначимы. Небольшое количество меди извлекается из познемагматического Волковского месторождения вкрапленных Cu-Fe-Ti-V-P руд в габброидах (Ср. Урал).

К числу перспективных относятся медно-порфировые месторождения Восточно-Уральской мегазоны (Михеевское, Томинское в Челябинской обл., Еленовское в Оренбургской обл.). Большие надежды связаны со сравнительно новыми для Урала окисленными цинковыми и свинцово-цинковыми рудами крупных объектов «стратиформного» типа на Ю. Урале (Амурское, Челябинская обл. и Шаймерден, Зап. Казахстан), отработка которых будет возможна после решения технологических проблем обогащения их руд.

Таким образом, основные перспективы на Cu и Zn связаны с колчеданными месторождениями. Возможность наращивания их ресурсной базы остается на крайнем севере Урала. Однако сведения о высокой продуктивности этой территории, появившиеся 5 лет назад в связи с разработкой федерального проекта «Урал Промышленный – Урал Полярный» (Ивдель-Салехард), пока не подтверждаются. Наиболее детально охарактеризованы колчеданные месторождения Урала [8, 10, 19].

На **Рудном Алтае** колчеданоносны близкие уральским стратиграфические уровни: верхи силура-девон – с максимальной продуктивностью эйфельских отложений. Продуктивный на колчеданно-полиметаллическое оруденение бимодальный вулканизм имеет здесь ярко выраженную риодацитовую тенденцию, что характерно для всех провинций и рудных районов с развитием месторождений типа «куроко». При этом в отличие от Урала с его гомодромными вулканическими сериями, эволюция вулканизма на Рудном Алтае

имела антидромную направленность [15]. Антидромная природа развития магматизма обусловила специфическую металлогению региона, выражающуюся в смене барит-полиметаллических и полиметаллических месторождений на эмско-эйфельском этапе (например, Риддер-Сокольное – существенно Pb-Zn, Зыряновское – существенно свинцовое, Тишинское – существенно цинковое, Казахстан; Новозолотушинское, Россия), колчеданно-полиметаллическими на живетско-раннефранском этапе (Березовское, Беловское, Чекмарь, Казахстан) и затем колчеданными на позднефранско-раннефаменском этапе (Корбалихинское, Россия). Сохранившиеся слабонарушенными некоторые колчеданные залежи имеют грибообразную, медузообразную морфологию, иногда они размещены на нескольких гипсометрических уровнях в слабодислоцированных пологозалегающих породах. В целом на месторождениях с глубиной при уменьшении концентраций цинка, свинца и бария увеличивается содержание меди.

Таблица 1

Важнейшие колчеданные месторождения Урала в сопоставлении с крупнейшими колчеданными месторождениями мира

Название месторождения	Местонахождение (страна)	Запасы руды, млн т	Среднее содержание					Возраст
			Cu, %	Pb, %	Zn, %	Ag, г/т	Au, г/т	
Рио-Тинто	Испания (Иберийский пояс)	450	1,60	0,53	1,56	40	0,4	C ₁
Невес-Корво	Испания (Иберийский пояс)	260	1,31	0,23	1,42	12	0,4	C ₁
Брансуик № 12	Канада (Аппалачи)	163	0,34	4,2	10,4	115	0,66	O ₂
Узельга	Россия (Ю. Урал)	81	1,36	0,3	2,59	31	1,7	D _{2ef} -gv
Учалинское	Россия (Ю. Урал)	116	1,08	0,15	3,57	16	1,6	D _{2ef}
Ново-Учалинское	Россия (Ю. Урал)	114	0,92	0,2	2,53	23	1,4	D _{2ef}
Сибай	Россия (Ю. Урал)	112	0,99	0,04	1,55	6	0,4	D _{2ef}
Сафьяновское	Россия (Ср.Урал)	120	1,83	0,15	0,67	29	1,1	D _{2ef}
Гайское	Россия (Ю. Урал)	450	1,44	0,05	0,71	14	1,2	D _{1ems}
Юбилейное	Россия (Ю. Урал)	111	1,56	0,05	0,99	13	1,5	D _{1ems}
Подольское	Россия (Ю. Урал)	97	2,06	0,2	1,41	31	1,4	D _{1ems}

В таблице использованы данные из работ [1, 3, 6].

Порфировые месторождения (Cu, Mo, Au, Ag) по запасам относятся к классу крупных и сверхкрупных, обычно от 100 до 1000 и более млн т с низкими и средними содержаниями 0,3–1,5% Cu, 0,001–0,05% Mo, 0,03–1,0 г/т Au и 1,0–6,0 г/т Ag.

Возраст порфировых месторождений – от докембрийского до четвертичного, но преимущественно мезозойский и кайнозойский. В Тихоокеанском рудном поясе преобладают третичные месторождения (табл. 2).

Классические провинции медно-порфировых месторождений сформировались в двух геодинамических обстановках: континентальных вулканогенных поясов и вулканических островных дуг. Наиболее важные характеристики порфировых систем приведены в публикациях [2, 7, 16, 17].

Таблица 2

Си-Au-порфировые месторождения Тихоокеанского рудного пояса

Название месторождения	Местонахождение (страна)	Запасы руды, млн т	Запасы Au (т)	Среднее содержание		Возраст (млн л.)
				Au (г/т)	Cu (%)	
1	2	3	4	5	6	7
Грасберг	Папуа Новая Гвинея	2480	2604	1,05	1,13	3
Бингем	США	3228	1603	0,5	0,88	38,8
Лепанто-Фар	Филиппины	685	973	1,42	0,8	1,5
Серро Касале	Чили	1285	900	0,7	0,35	13,5

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Пангуна	Папуа Новая Гвинея	1415	799	0,57	0,46	3,5
Бату Худжи	Индонезия	1644	572	0,35	0,53	3,7
Минас Конга	Перу	641	566	0,79	0,30	20
Ок Теди	Папуа Новая Гвинея	700	446	0,64	0,64	1,2
Эль Тенетье	Чили	11845	437	0,035	0,63	4,8
Ескондида	Чили	2262	430	0,19	1,15	38
Песчанка	Западная Чукотка, Россия	940	395	0,42	0,51	141*
Баджо де Алюмберта	Аргентина	551	369	0,67	0,52	8
Фреда Ривер	Папуа Новая Гвинея	1103	354	0,32	0,61	14
Пебл***	Аляска	3500	2500	0,7	0,50	90
Тампакан	Филиппины	1400	336	0,24	0,55	3,3
Атлас	Филиппины	1380	331	0,24	0,50	61
Чукикамата	Чили	12066	301	0,04	0,55	33,6
Сипилей	Филиппины	884	301	0,34	0,50	60
Находка*	Западная Чукотка, Россия	>1000	>100	0,15	0,40	137
Лора**	Магаданская область, Россия	>500	>100	0,4	1,0	102

В таблице использованы данные из работ [12**, 14*, 16, 20***]

Современное состояние и возможное развитие МСБ Cu, Pb, Zn и Mo России

Цветные металлы, как и попутные компоненты, добываемые из колчеданных и Cu-порфировых месторождений, хотя и являются высоколиквидными на мировом рынке, но не принадлежат к дефицитной группе полезных ископаемых Российской МСБ [4].

По разведанным запасам и прогнозным ресурсам основных металлов (Cu, Pb, Zn, Mo) колчеданных и порфировых месторождений Россия входит в десятку лидирующих в мире стран. Однако по добыче, а главное по потреблению этих металлов, наша страна заметно уступает развитым странам и, в частности, США (табл. 3).

Наибольшие запасы и ресурсы российских цветных металлов находятся на Урале (медь, цинк), Северном Кавказе (медь, молибден, цинк), Южной и Восточной Сибири (медь, молибден, свинец, цинк).

Медь – колчеданные месторождения включают до $\frac{1}{4}$ запасов меди России и обеспечивают 25–30 % добычи меди в стране (1 ГОК на Северном Кавказе и 7 ГОКов на Урале, остальное – из медно-никелевых руд), лидируют Гайский и Учалинский ГОКи на Южном Урале. Эти месторождения стали основным источником меди России с начала XIX века. В настоящее время Гайский ГОК ведет добычу в шахте (Гайское) на глубине около 800 м и небольшую часть руды – в карьерах (Летнее, Осеннее); Учалинский ГОК – в шахте (Учалинское, Узельгинское, Молодежное, Сибай) на глубинах до 600 м и незначительную часть – в новом карьере Западно-Озерного месторождения. Себестоимость такого сырья увеличивается; уменьшению рентабельности способствует также падение содержаний в руде меди, цинка, золота и серебра с глубиной.

Медно-порфировые месторождения распространены в Тагило-Магнитогорской и Восточно-Уральской зонах, где расположены на площадях, сложенных вулканитами девонского и каменноугольного возраста. В Западной зоне (Магнитогорский прогиб) находятся Салаватское и Вознесенское месторождения. В Центральной рудоносной зоне (Восточно-Уральская структурно-формационная зона) расположены две группы медно-порфировых месторождений: Биргильдинская (Биргильдинское, Томинское, Березняковское и Зеленодольское)

и Новониколаевская (Тарутинское, Новониколаевское и Михеевское). Рудная минерализация Центральной рудоносной зоны разнообразна по составу. На некоторых месторождениях, кроме меди, присутствуют промышленные содержания цинка, золота и серебра. В Восточной рудоносной зоне, включающей Баталинское, Бенкалинское и Южно-Бенкалинское месторождения, в рудах присутствует повышенное содержание молибдена (0,1%). До настоящего времени медно-порфировые месторождения не эксплуатировались в связи с низкими содержаниями меди. Запасы меди в некоторых из перечисленных выше месторождений оцениваются в сотни тысяч тонн: Салаватское – 500 тыс. т Cu, Михеевское – 1,5 млн т Cu. В этом году начаты вскрышные работы на Михеевском месторождении.

По разведанным запасам **цинка** Россия занимает первое место в мире, по добыче – двенадцатое. Запасы цинка учтены в 138 месторождениях, из которых 36 разрабатываются. Основу МСБ цинка составляют 8 наиболее крупных колчеданных месторождений: Озерное с 7,7 млн т Zn (Бурятия), Корбалихинское (Алтайский край), Ново-Учалинское, Подольское, Юбилейное (Республика Башкортостан), Узельгинское (Челябинская обл.), Гайское (Оренбургская обл.), Сафьяновское (Свердловская обл.), первые 4 из них – пока не разрабатываются и поэтому являются первоочередными. Среднее содержание цинка – около 4%, что значительно ниже, чем в странах-лидерах по добыче цинкового сырья. В Австралии, например, содержание цинка в рудах достигает 15%, на месторождении Ред Дог (Аляска) – 19% [20], в нашей стране почти полным аналогом последнего, является месторождение Сардана. Рентабельны для отработки чуть больше 60% разведанных запасов. Основной объем добычи (80%) приходится на медно-колчеданные месторождения Урала и лишь 20% – на собственно свинцово-цинковые объекты.

Таблица 3

Современное состояние минерально-сырьевой базы Cu, Mo, Zn и Pb России

Вид полезного ископаемого	Добыча из недр в 2008 г. (тыс. т) <u>Россия*</u> Мир**	Запасы (млн т) A+B+C ₁ +C ₂ <u>Россия*</u> Мир*	Прогнозные ресурсы (млн т) P ₁ +P ₂ +P ₃ *	Доля в балансовых запасах РФ, %	Доля в мировых запасах, %	Уровень потр. кг/на чел. <u>Россия*</u> США**
Cu	<u>839</u> 15900	<u>85,8</u> 1000	52,7		9	<u>3</u> 17
Колчеданные	330	19	10	22		
Порфировые	нет	6	18	7		
Mo	<u>5,4</u> 212	<u>1,84</u> 19	1,9		10	<u>0,04</u> 0,2
Порфировые	нет	0,1	0,3	6		
Zn	<u>337,5</u> 11300	<u>61,5</u> 480	42,1		13	<u>1,5</u> 2,5
Колчеданные	292	20	20	30		
Pb	<u>99,7</u> 3800	<u>19,8</u> 170	<u>16,3</u> 160		12	<u>0,4</u> 7
Колчеданные	15	2,3	3	12		

Таблица составлена по [*4, **18].

Количество балансовых запасов свинца в России достигает почти 20 млн т; страна занимает по этому параметру второе место в мире после Австралии. Основные запасы **свинца** в Российской Федерации сосредоточены в рудах «стратиформного» Горевского в Красноярском крае, Озерного и Холоднинского месторождений в Республике Бурятия (суммарно около 68% всех запасов), в том числе на Горевском находится 44% разведанных запасов РФ. В рудах двух крупных колчеданно-полиметаллических месторождений (Холоднинском и Озерном) содержание свинца составляют в среднем 0,6% и 1,17% соответственно. Весь свинец, выпускаемый в концентратах, получают Горевский ГОК в Красноярском крае, ОАО «Дальполиметалл» в Приморье. К сожалению, из колчеданных руд Российский комплексных месторождений свинец не извлекают: на Рудном Алтае (Рубцовское и Зареченское месторождения) добытые руды не обогащались, а лишь складировались; на Южном Урале свинец уходит в хвосты. Близкая ситуация с «извлечением»

свинца из руд серебряных и золото-серебряных объектов Магаданской области и др. свинецсодержащих объектов. В последние годы увеличивается производство регенерированного (вторичного) свинца. Для того, чтобы приблизиться к уровню душевого потребления Cu, Pb, Zn и Mo промышленно развитых стран (программа «максимум» – удвоение ВВП) и сохранить экспорт России необходимо производить 1250–1300 тыс. т рафинированной меди, 750–800 тыс. т цинка, 300–350 тыс. т свинца и 20–25 тыс. т молибдена.

Предполагается, что основными потребителями этих металлов в России, как и во всем мире, будут предприятия автомобильной промышленности, транспортного и энергетического машиностроения, строительство линий электропередачи, радиоэлектронная промышленность, гражданское и промышленное строительство.

Таким образом, для выполнения программы «максимум» к 2030 г. необходимо увеличить добычу меди по сравнению уровнем с 2008 года на 60 %, цинка и свинца в 2,5 раза, молибдена в 4 раза.

Несомненно, что повышение цены на рассматриваемые металлы по завершению кризиса приведет к экономически эффективной эксплуатации запасов, нерентабельных при низких ценах на них. В настоящее время в РФ почти 30 % добычи меди приходится на предприятия Урала, работающие на рудах медно-цинковоколчеданных месторождений.

В Свердловской, Челябинской, Оренбургской областях и Республике Башкортостан, где располагаются основные уральские медедобывающие предприятия, разведано более 25 % меди России и учтено около 40 % прогнозных ресурсов меди всех категорий. При этом значительная часть разведанных запасов пригодна только для дорогостоящей подземной отработки. Не менее 50 % учтенных прогнозных ресурсов меди также оценены на глубинах от 300 до 500 м. В связи с этим наметилась устойчивая тенденция к постепенному выбыванию добывающих мощностей Урала (до 40 % к 2010–2015 гг.), что может привести в дальнейшем к снижению объемов добычи меди в России.

Рост производства меди возможен за счет: (1) увеличения добычи на 20 % из Cu-Ni месторождений Норильской группы; (2) разработки медистых песчаников Удокана; (3) медно-скарново-порфировых Быстринского и Култуминского месторождений в Забайкальском крае; (4) медно-порфировых Михеевского и Томинского – в Челябинской области; (5) медно-порфировых месторождений Аксугского и Кызыл-Чадрского – в Республике Тыва; (6) медно-порфировых месторождений Песчанка и Находка – в Чукотском АО; (7) медно-молибден-порфировых месторождений Кони-Пьягинской группы – в Магаданской области; (8) медно-порфировых месторождений Хим-Кирганинской зоны – в Камчатском крае; (9) колчеданных месторождений Урской группы – в Кемеровской области и Кызыл-Дире – в Дагестане.

Рост производства молибдена возможен в результате начала эксплуатации молибден-порфировых месторождений Бугдаинского – в Забайкальском крае, Ореkitканского – в Бурятии и Осеннее-Оксинского рудного узла – в Магаданской области, Лобаш – в Карелии, а также попутного извлечения молибдена из, упоминавшихся выше, медно-порфировых месторождений.

Рост производства цинка возможен в связи с увеличением на 30 % его добычи из медно-цинковых колчеданных месторождений Урала, российской части Рудного Алтая, разработки месторождения Кызыл-Таштыг в Тыве, стратиформно-полиметаллического месторождения Павловское – на Новой Земле, Сарданской группы – в Якутии, серебро-полиметаллических месторождений Ново-Широкинского и Нойон-Тологойского – в Забайкальском крае, колчеданно-полиметаллических Озерного и Холоднинского – в Бурятии.

Рост производства свинца возможен за счет увеличения его добычи на 50 % из Горевского месторождения – в Красноярском крае, разработки колчеданно-полиметаллических месторождений Алтайской группы, Кызыл-Таштыгского – в Тыве, Кызыл-Дире – в Дагестане, Павловского – Новая Земля, Ново-Широкинского и Нойон-Тологойского – в Забайкальском крае, Озерного и Холоднинского – в Бурятии, Амурского на Южном Урале. Заметный резерв получения свинца – извлечение его из Cu-Pb-Zn руд колчеданно-полиметаллических месторождений Теренсайского, Баймакского рудных районов.

Следует отметить, что все перечисленные выше базовые для развития МСБ России месторождения цветных металлов были открыты в прошлом веке и многие из них до сих пор считаются резервными.

С другой стороны, прогнозируемое повышение цен на цветные металлы может дать мощный толчок проведению ГРП, что приведет к развитию известных и созданию новых МСБ этих металлов.

Проведенный анализ и обобщение опубликованных материалов, в том числе и результатов НИР ИГЕМ РАН, позволяют прогнозировать создание новой МСБ цветных и благородных металлов на Северо-Востоке России.

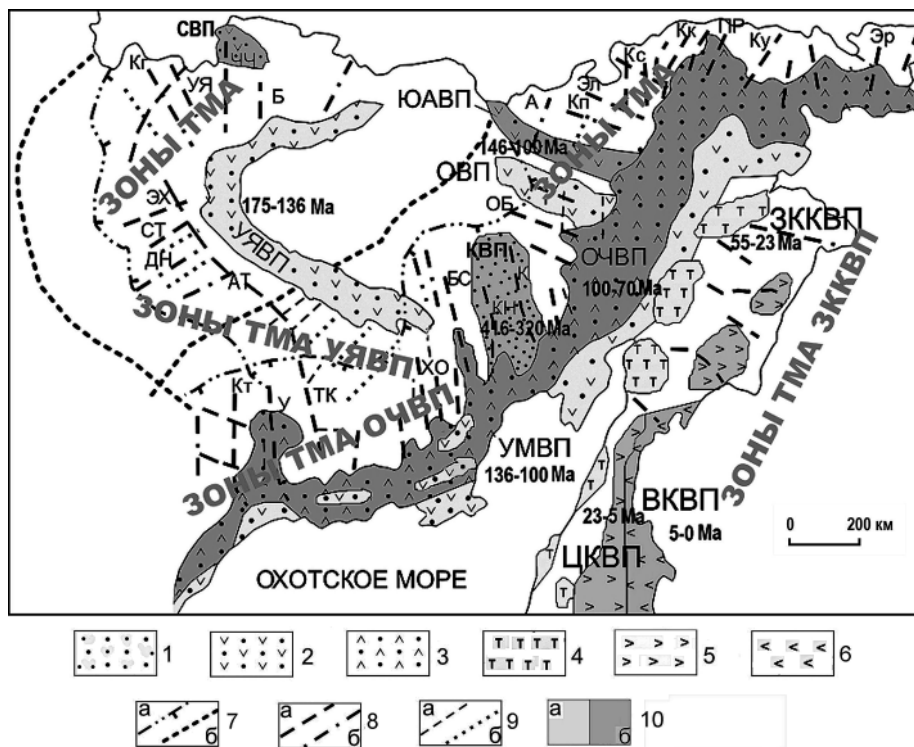


Рис. 1. Схема распределения разновозрастных вулканоплутонических (подвижных) поясов на Северо-Востоке России. По [9] существенно модифицирована.

1–6 – вулканоплутонические (подвижные) пояса: 1 – Кедонский позднепалеозойский окраинно-континентальный вулканический пояс (КВП); 2 – позднеюрские Уяндино-Ясачненский (УЯВП) и Олойский (ОВП), позднеюрско-раннемеловой Удско-Мургаляский (УМВП), меловой Южно-Ануйский (ЮАВП) со святоносским окончанием (СВП); 3 – ранне-позднепалеозойский Охотско-Чукотский (ОЧВП) пояса; 4–6 – кайнозойские вулканические пояса: 4 – эоцен-олигоценный Западно-Камчатский-Корякский (ЗККВП); 5 – олигоцен-четвертичный Центрально-Камчатский (ЦКВП); 6 – плиоцен-четвертичный Восточно-Камчатский (ВКВП); 7 – условные границы: областей более интенсивно проявленной активизации (а) и внешних частей перивулканических областей (б) с учетом геофизических данных; 8 – линейные зоны ТМА I порядка прослеженные (а) и предполагаемые (б). Основные зоны ТМА перивулканической области ОЧВП и ЮАВП: Кт – Кетандинская, У – Ульбейская, ТК – Тас-Кыстабытская, ХО – Хурчан-Оротуканская, БС – Балыгычано-Сугойская, КН – Коркодон-Наяханская, К – Конгинская, ОБ – Олойско-Березовская, А – Аттыквеемская, Кп – Кеппервеемская, Эл – Эльвенейская, Кс – Кусьвеемская, Кк – Кукунейская, ПР – Пильхинкууль-Рывеемская, Ку – Куэкувунская, Эр – Эргувеемская; зоны ТМА перивулканической области УЯВП: ДН – Дербек-Нельгехинская, СТ – Северо-Тирехтяхская, ЭХ – Эге-Хайская, Кг – Куйгинская, УЯ – Усть-Янская, ЧЧ – Чохчуро-Чохурдахская, Б – Берелехская; 9 – более мелкие зоны ТМА II порядка (а), скрытые разломы фундамента без явно выраженных признаков ТМА (б). 10 – темно-серым цветом выделены окраинно-континентальные пояса (а), а светло-серым цветом – островодужные пояса (б). Ма – миллионы лет

Перспективы колчеданных и Си-Мо-Ау-порфировых месторождений в подвижных поясах Северо-Востока России

В современных экономических условиях Северо-Востока России большая часть выявленных колчеданных и Си-Мо-порфировых месторождений и проявлений не имеет перспективы промышленного освоения. Однако металлогенические пояса и зоны этих месторождений играют исключительно важную роль в прогнозировании и богатых потенциально промышленных золото-серебряных эпитермальных месторождений. Только на металлогенической карте Северо-Востока России (1:1500000 масштаба) показано более 100 колчеданных и Си-Мо-порфировых рудопоявлений [11].

Вулканогенные пояса и оперяющие их перивулканические зоны тектоно-магматической активизации (ТМА) образуют в пределах Северо-Востока одну из крупнейших в мире металлогенических провинций с полихронным и разнообразным по составу вулканогенно-плутоногенным оруденением (рис. 1). Это позволяет по-новому взглянуть на закономерности пространственного размещения колчеданного и Cu-Mo-Au-порфирового оруденения.

Согласно концепции аккреционной тектоники Северо-Восток в мезо-кайнозойское время представлял собой динамично развивающуюся активную континентальную окраину, что нашло свое отражение в формировании восьми последовательно развивавшихся с северо-запада на юго-восток постаккреционных вулканических поясов [13]. Шесть из них развивались параллельно современному положению Курило-Камчатского глубоководного желоба (рис. 1): позднеюрско-раннемеловой Удско-Мургальский (УМВП), позднемеловой-палеогеновый Охотско-Чукотский (ОЧВП), эоцен-олигоценый Корякско-Западно-Камчатский (КЗКВП), олигоцен-четвертичный Центральнo-Камчатский (ЦКВП), плиоцен-четвертичный Восточно-Камчатский (ВКВП). А Уяндино-Ясаченский (УЯВП), Олойский (ОВП) и Южно-Ануйский (ЮАВП) расположены параллельно северной палеоокраине континента в позднеюрское время (рис. 1). В пределах Омогонского кратонного террейна известен доаккреционный позднепалеозойский Кедонский краевой вулканогенный пояс (КВП). Последовательное омоложение вулканических поясов, начиная с раннего мела, соответствует смещению в сторону Тихого океана системы вулканическая дуга-желоб.

Все перечисленные вулканогенные пояса и сопровождающие их зоны ТМА перспективны на выявление Cu-Mo-Au-порфировых месторождений. Эту возможность подтверждают установленные в их пределах многочисленные рудопроявления (табл. 3). Вместе с тем только вулканогенные пояса, которые формировались в обстановке островной дуги (УМВП, УЯВП, ОВП и КЗКВП) перспективны на выявление колчеданных месторождений типа «Куроко» (рис. 1).

Было установлено также, что в рассматриваемых вулканогенных поясах в пределах медно-молибден-порфировых и колчеданных рудных районов распространены месторождения золото-серебряного ($Au/Ag - 0-0,1$) и серебряного ($Au/Ag - 0,1-0,01$) подтипов соответственно, а в связи с базит-ультрабазитовыми комплексами – золото-серебро-теллуридного подтипа, с залежами железистых кварцитов – золотого ($Au/Ag - 0$) подтипа, а в оловорудных районах преобладают существенно серебряные ($Au/Ag - 0,01-0,001$ и ниже) с золотом месторождения.

Наиболее изученным из всех рассмотренных выше вулcano-плутонических поясов на Северо-Востоке России является ОЧВП. Все структуры ОЧВП потенциально рудоносны. Однако рудоносные зоны вулканогенных структур фрагментарно изучены лишь в южной части Охотского, во внешней части Центральнo-Чукотского и крайне незначительно во внутренней части Анадырского секторов ОЧВП.

Порфировое и эпитеpмальное оруденение (Cu-Mo, Sn-Ag, Au-Pb-Zn-Ag, Sb-Hg), характерное для ОЧВП, обладает определенными элементами однородности во всех вулканно-плутонических структурах независимо от характера их основания (фундамента).

Что тесно связано с физико-химическими условиями минералообразования (близкоповерхностные или перманентно раскрывающиеся вулканогенные гидротермальные системы) и определяет также масштабную экстенсивность гидротермальных изменений пород и рудопроявлений. Вместе с тем интенсивность порфирового и эпитеpмального оруденения (крупные месторождения) определяется унаследованностью от рудоносных структур гетерогенного основания ОЧВП [2].

Заключение

В заключение отметим, что колчеданные и Cu-Mo-Au-порфировые месторождения подвижных поясов в XXI веке будут важнейшими источниками цветных металлов в России. Об этом свидетельствуют проведенные прогнозные исследования на Северо-Востоке России, где, учитывая слабую изученность вулканогенных поясов и зон ТМА, весьма реальны перспективы открытия не только мелких и средних, но и крупных колчеданных и Cu-Mo-Au-порфировых месторождений и их сателлитов.

При прогнозировании колчеданных и Cu-Mo-Au-порфировых месторождений и их сателлитов существует необходимость применения новых (инновационных) методов выделения металлогенических зон, сформировавшихся на автономных блоках фундамента;

Таблица 3

**Металлогеническая специализация вулcano-плутонических поясов
Северо-Востока России**

№ п/п	Вулканиче- ский пояс	Возраст		Геодинамическая обстановка	Полезные ископае- мые	Месторождения и проявления	
		индекс	млн лет			Си-Мо- порфировые	колчеданные («Кууроко»)
1	Кедонский	D ₃ -C ₁	416-318	Окраинно- континентальный вулканический пояс	Au, Ag, Fe, Pb, Cu, Zn, In	Табор, Щельнинское, Светкин ключ и др.	нет
2	Олойский	J ₃ -K ₁	146-100	Островная вулка- ническая дуга	Au, Ag, Hg, Pb, Cu, Mo, Zn, In	Песчанка, Находка, Дальнее Инах- ское и др.	Березовская группа и др.
3	Удско- Мургал- ский	K ₁	136-100	Островная вулка- ническая дуга	Au, Ag, Hg, Pb, Cu, Mo, Zn, In	Лора, Прямой, Икримутское Викинг, Осеннее и др.	Мыс Япон, Вилуйская группа и др.
4	Южно- Ануйский, Сятоносский	J ₃ -K ₂	146-70	Окраинно- континентальный вулканический пояс	Au, Ag, Sn, Sb, Hg, Cu, Mo,	Чурпунья и др.	нет
5	Уяндино- Ясаченский	J ₂ -K ₁	175-136	Островная вулка- ническая дуга	Au, Ag, Pb, Cu, Zn, In	Дацитовое, Гайское, Невидимка, и др.	Хотойдох- ская группа и др.
6	Охотско- Чукотский	K ₂	100-70	Окраинно- континентальный вулканический пояс	Au, Ag, Sn, Hg, Pb, Cu, Zn, Mo, Sb	Шурыкан, Гагачье, Красные горы, Ольховка, Вечернее, Орлиное и др.	нет
7	Западно- Камчатский- Корякский	Pg	55-23	Окраинно- континентальный вулканический пояс	Au, Ag, Sn, Hg, Pb, Cu, Zn, W	Куйбисеем, Лаланкытап, Ржавье и др.	Тамватней- ская группа и др.
8	Центрально- Камчатский	N ₁	23-5	Окраинно- континентальный вулканический пояс	Au, Ag, Hg, Pb, Cu, Zn, In	Красногор- ское, Малахитовое, Кирганик и др.	нет
9	Восточно- Камчатский- Курильский	N ₂ -Q	5-0	Островная вулка- ническая дуга	Au, Ag, Hg, Pb, Cu, Zn, In	Шумшу, Каргинское и др.	Курильская группа и др.

Примечание. Положение вулcano-плутонических поясов показано на рис. 1.

в реконструкции глубинного строения типовых рудных районов на основе сейсмических данных; в использовании новых приемов комплексного геолого-геофизического изучения разномасштабных картографических материалов (ГИС); в оригинальной компьютерной технологии дешифрирования космоснимков; в использовании результатов регионального и локального морфоструктурного анализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ ОНЗ РАН № 2 и Президиума РАН № 23.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викентьев И. В. Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд. М.: Научный мир. 2004. 340 с.
2. Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А. и др. Закономерности размещения и условия образования Cu-Au-порфировых месторождений Северо-Востока России. // Геология рудн. месторождений 2006. Т. 48, № 6. С. 512–539.
3. Гайский ГОК; геология Гайского и Подольского медно-цинковых колчеданных месторождений на Урале. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2004. 148 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2008 г». М.: Центр «Минерал», 2009. 387 с.
5. Дергачев А. Л. Эволюция вулканогенного колчеданообразования в истории Земли. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2010. 58 с.
6. Зайков В. В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин (на примере колчеданосных зон Урала и Сибири). М.: Наука, 2006. 429 с.
7. Кривцов А. И. Медно-порфировые месторождения. М: ЦНИГРИ, 2001. 200 с.
8. Кривцов А. И., Минина О. В., Волчков А. Г. и др. Месторождения колчеданного семейства. Серия Модели месторождений благородных и цветных металлов. М.: ЦНИГРИ, 2002. 282 с.
9. Кузнецов В. М. Делимость земной коры Северо-Востока Азии: структурно-вещественные комплексы, дизъюнктивные дислокации. Автореферат докт. дис. Магадан. 2002. 36 с.
10. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологическое строение. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 239 с.
11. Объяснительная записка к металлогенической карте Магаданской области и сопредельных территорий масштаба 1:1500000. Часть II. Составители: М. Л. Гельман, Н. В. Ичетовкин, Г. М. Сосуннов/Магадан: МИНГЕО СССР, «Севвостгеология», 1986. 80 с.
12. Савва Н. Е. Медно-порфировые металлогенические пояса Северо-Западной окраинноморской провинции Тихого океана // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 38–59.
13. Сидоров А. А., Волков А. В., Егоров В. Н. Золото-серебряное эпitherмальное оруденение вулканических поясов Северо-востока Азии // Докл. АН, 2007. Т. 416. № 7. С. 1032–1036.
14. Шпикерман В. И. Домеловая минерация северо-востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998.
15. Яковлев Г. Ф., Авдонин В. В., Сакия Д. Р. и др. Закономерности размещения колчеданно-полиметаллических месторождений на Рудном Алтае // Известия вузов. Геология и разведка. 1986. № 11. С. 27–39.
16. Cooke D. R., Hollings P., Walshe J. L. Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls // Econ. Geol. 2005. V. 100. № 5. P. 801–818.
17. Kerrich R., Goldfarb R., Groves D., Graven S., Yiefei J. The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces. Science in China (Series D), 2000. V. 43. Supp. P. 1–68.
18. Mineral Commodity Summaries, 2009. U. S. Geological Survey, 2009. 195 p.
19. Prokin V. A., Buslaev F. P. Massive copper-zinc sulphide deposits in the Urals // Ore Geol. Rev. 1999. V. 14. P. 1–69.
20. Szumigala D. J., Hughes R. A. Alaska's mineral industry 2008: a summary. Information circular 54. Division of Geological & Geophysical Surveys. 2009. March. 100 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ОБОГАТИМОСТИ БОКСИТОВ СЕВЕРО-ОНЕЖСКОГО И СРЕДНЕ-ТИМАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н.К. Алгебраистова¹, Н.В. Филенкова¹, С.А. Маркова¹, Е.А. Гроо¹,
А.А. Кондратьева¹, Л.И. Свиридов¹, И.И. Шепелев²

¹ ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

² ООО «ЭКО-Инжиниринг», г. Красноярск, Россия

Дефицит высококачественного глиноземного сырья в России при обеспеченности топливно-энергетическими ресурсами выдвигает в число актуальных задач переработку низкокачественных труднообогащаемых руд.

Исследования по изучению вещественного состава и обогатимости бокситов месторождений Северная Онега и Средний Тиман проводились на кафедре «Обогащения полезных ископаемых» Сибирского федерального университета.

На кафедре «Геология, минералогия и петрография» СФУ и в Экологическом Инжиниринговом Центре (ООО «ЭКО-Инжиниринг») выполнялись макро- и микро-минералогические, рентгеноструктурные, рентгенофазовые анализы с целью изучения вещественного состава.

Определено, что основным глиноземсодержащим минералом в пробах является бемит. Он основной, но не единственный минерал, содержащий Al_2O_3 ; бокситы содержат гиббсит, диаспор и алюмогель сложного состава. По преобладающим минералам руда месторождения Средний Тиман относится к каолинит-гематит-бемитовому типу, руда месторождения Северной Онеги – к гематит-каолинит-бемитовому.

Установлено, что бокситы имеют преимущественно пелитоморфное скрыто- и тонкозернистое строение ($< 0,005$ мм) и сложные агрегативные взаимоотношения с каолинитом, окислами и гидроокислами железа, что отрицательно сказывается на процессах обогащения.

По химическому составу бокситы изучаемых проб относятся к высококремнистой разновидности. В Онежской пробе содержится 51,9 % Al_2O_3 , 16,45 % SiO_2 , 10,24 % Fe_2O_3 , бокситы Среднего Тимана содержат 46,3 % Al_2O_3 , 10,5 % SiO_2 , 24,3 % Fe_2O_3 .

Изучение гранулометрического состава показало, что распределение компонентов по классам крупности равномерное, пропорционально выходам; содержание их по классам крупности таково, что ни один из них нельзя выделить как готовый бокситовый продукт или отвальные хвосты.

Исследования по возможности использования радиометрической сепарации бокситов Среднего Тимана выполнены на оборудовании ООО «Радос». Выявлено, что представленные бокситы относятся к малоконтрастным и труднообогащаемым рудам. Однако возможно разделение бокситов на сорта, что дает основание использовать этот метод на стадии рудоподготовки.

Использование гравитационного метода для обогащения реализовывали на центробежном сепараторе «Итомак КН-0,1», концентрационном столе СКО-0,5 и винтовом шлюзе ШВ-350. Установлено, что выход тяжелой фракции значительно возрастает при уменьшении крупности питания, оксид железа несколько больше концентрируется в тяжелых фракциях. Концентрации оксидов алюминия и кремния в легкую или тяжелую фракции не происходит, кремниевый модуль не повышается.

Определено, что магнитная сепарация с предварительной температурной обработкой позволяет получить бокситовый продукт из каолинит-гематит-бемитового типа руды с содержанием 53,1 % Al_2O_3 , 11,7 % SiO_2 , 26,4 % Fe_2O_3 при извлечении в него 96,4 % Al_2O_3 , 92,7 % SiO_2 , 90,0 % Fe_2O_3 . Из гематит-каолинит-бемитового типа – с содержанием 61,15 % Al_2O_3 , 19,01 % SiO_2 , 12,39 % Fe_2O_3 при извлечении 99,2 % Al_2O_3 , 99,86 % SiO_2 , 95,82 % Fe_2O_3 .

За счет первых двух операций технологической схемы, восстановительного обжига и последующей магнитной сепарации происходит повышение содержания двуокси алюминия в продукте обогащения на 7,98% (Средний Тиман) и на 8,25% (Северная Онега) практически без повышения кремниевого модуля.

Флотация исследовалась с использованием оксигидрильных (прямая) и катионно-активных (обратная) собирателей. Исследования показали, что применение олеиновой кислоты обеспечивает технологические показатели выше в сравнении с ТЖК. Использование олеиновой кислоты позволяет получить бокситовый концентрат для Тиманского месторождения с кремниевым модулем 9,02 и содержанием Al_2O_3 в концентрате 50,5%, при извлечении – 15,58%. Для Онежского боксита кремниевый модуль составляет 3,71, содержание Al_2O_3 в концентрате – 52,7%, извлечение – 19,09%. В промпродуктах находится около 20% оксида алюминия.

Изучение возможности применения обратной флотации осуществлялось с использованием реагентов фирмы ОАО «Бератон»: Берамин, Берамин-1, Берамин-2; а также китайских реагентов: 12-первичный амин, 18-первичный амин, амин кокосового масла, GH-YY, GH-YZ, GH-YO и реагента Флон-2, используемого ОАО «Стальмаг». Определено, что два реагента: один китайского (GH-YY), другой российского (Берамин) производства для бокситов обеих проб обеспечили повышение показателей флотации.

Флокуляция позволяет удалить кремнистую составляющую, изменить соотношение между бокситовыми минералами. Необходимым условием селективной флокуляции бокситовых суспензий является получение высокой степени дисперсности суспензии по наиболее тонкому классу при физико-химическом диспергировании. Согласно гранулометрическому составу, содержание шламов (класс –0,044 мм) в бокситах Северной Онеги составляет 43%, Среднего Тимана – 32%, что говорит о целесообразности изучения селективной флокуляции.

В процессе флокуляции исследовали различные реагенты (Зетаг и Магнофлок): катионный Z-7692, анионный М-345 и неионогенный М-333. Едкий натр применяли как регулятор среды (pH ~ 11), депрессором на силикатную составляющую использовали гексаметафосфат натрия (ГМФ), кальцинированную соду – для связывания ионов кальция и магния. Лучшие результаты получены при использовании анионного флокулянта М-345, кремниевый модуль для бокситов Тиманского месторождения составляет 4,9 (содержание Al_2O_3 – 48,9%, SiO_2 – 9,8%, извлечение Al_2O_3 – 23,76%, SiO_2 – 21,0%). Для Северо-Онежских бокситов значение кремниевого модуля увеличивается с 3,2 (исходный боксит) до 3,6 (содержание Al_2O_3 – 53,7%, SiO_2 – 14,9%, извлечение Al_2O_3 – 26,8% и SiO_2 – 23,73%). Для Онежских бокситов селективная флокуляция является более эффективным процессом по сравнению с флотацией.

Изучен процесс выщелачивания из бокситов кремния и алюминия аборигенными микроорганизмами, селективно выделенными бактериями и грибами (*Aspergillus niger*) из других местообитаний, а также растворами коммерческих органических кислот, лимонной и щавелевой, как продуктов их биосинтеза.

Определено, что из бокситов Северо-Онежского месторождения возможно извлечь 22,5% алюминия и 22,4% кремния в жидкую фазу. Из бокситов Средне-Тиманского месторождения извлечение алюминия – 8,77%, но кремний при этом почти не выщелачивался в раствор.

Из испытанных вариантов выщелачивающих микроорганизмов и выщелачивающих растворов, периодической и каскадной схем обработки руд наилучшие результаты получены с аборигенными микроорганизмами по каскадной схеме (3 цикла, кратность обмена жидкой фазы 3,2 раза, длительность цикла 21 час при температуре 25 °С, нейтральная среда).

Разработка методики селективного выделения алюминия из жидкой фазы, в которую он переходит в результате бактериального выщелачивания бокситов, позволит получить конечный продукт – глинозем, минуя ряд стадий обогащения и традиционной переработки рудного сырья.

Гематит-каолинит-бемитовые и каолинит-гематит-бемитовые бокситы представляют наиболее сложный тип высокодисперсных руд, требующих современных способов подготовки их к обогащению. Для механической активации поверхности минералов исследована возможность применения электровзрывной обработки исходной руды, пульпы Северо-Онежских и Средне-Тиманских бокситов, а также применяемых растворов реагентов.

Показано, что электровзрывная активация растворов реагентов и ультразвуковое воздействие на пульпу не оказывают существенного влияния на результаты обогащения.

Установлен положительный эффект электровзрывной обработки исходной руды Средне-Тиманского месторождения на последующее ее обогащение, применение ЭВА перед прямой флотацией позволяет повысить извлечение Al_2O_3 на 17,1%. Определено, что оптимальной для Тиманских бокситов является схема флотации с предварительной электровзрывной обработкой исходной руды (рис. 1).

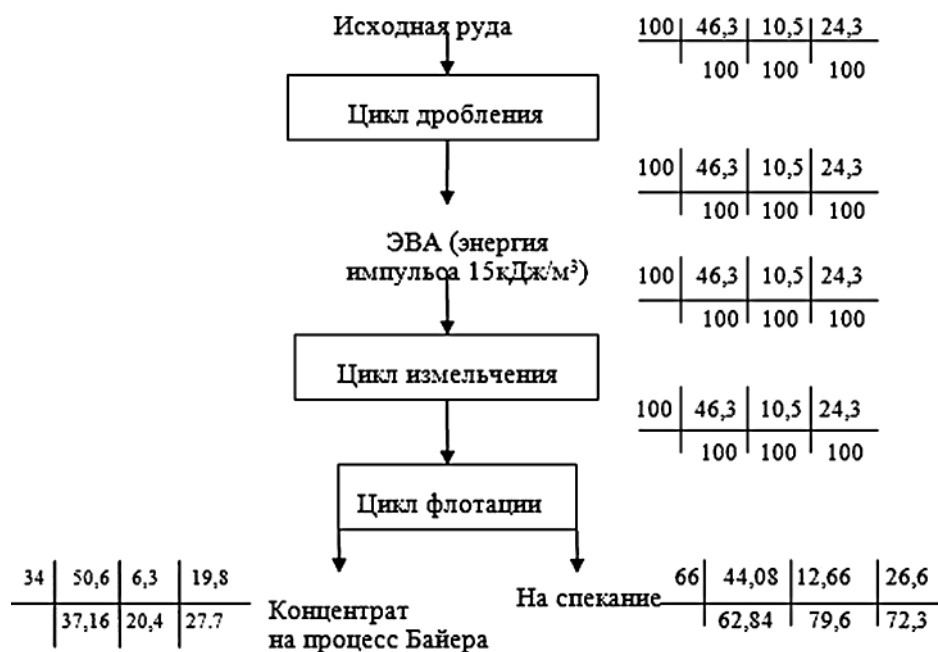


Рис. 1. Принципиальная схема обогащения бокситов Тиманского месторождения

В результате выполненных исследований получен бокситовый продукт из руды Тиманского месторождения с содержанием Al_2O_3 – 50,6%, SiO_2 – 6,3%, Fe_2O_3 – 19,8% при извлечении в него Al_2O_3 – 34,16%, SiO_2 – 20,4%, Fe_2O_3 – 27,7% и значении кремниевого модуля – 8,48. По своим показателям данный продукт пригоден для производства глинозема способом Байера. С целью повышения извлечения Al_2O_3 целесообразна переработка промпродукта и хвостов другими способами.

Результаты обогащения бокситов Северной Онеги менее успешны и требуют дополнительных исследований.

МОРФОЛОГИЯ ЗОЛОТА В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ САМСОНОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

В.И. Брагин^{1,2}, Н.Ф. Усманова¹, Е.Н. Меркулова¹

¹ Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, Россия

² ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

В 30–40-х годах XX века специалистами был открыт феномен «нового» (аутигенного) золота, присущий техногенным отвалам, аллювиальным россыпям, зонам окисления золотоносных рудных месторождений [1, 2]. Но единого мнения среди специалистов-геологов в отношении масштабов проявления такой минерализации *in situ* нет. Одни утверждают, что роль вторичной концентрации золота в корях выветривания и россыпях «неоправданно преувеличена», другие, наоборот, о широком распространении вторичных форм золота в золотоносных корях выветривания, техногенных формированиях и россыпях. В то же время при разработке эффективной технологии извлечения металла, особенно из труднообогатимого сырья, к которому относятся золотоносные коры выветривания, информация о морфологических особенностях, состоянии поверхности, форме, крупности, геохимическом составе является первоочередной.

В материалах исследований [3], проведенных на представительных пробах руд кор выветривания Якутии, Красноярского края и Урала, авторами приводятся характерные особенности морфологии и размеров частиц золота, не извлекаемого гравитационными аппаратами. Авторами статьи было отмечено, что «неизвлекаемое» золото в коре выветривания – преимущественно экзогенного происхождения. Распределение золота по крупности характеризуется преобладанием по массе частиц крупнее 5 мкм. Наиболее распространенные формы золота – пластинчатые и нитевидные. По оценкам [4, 5] в рудах кор выветривания присутствуют, в основном, две генерации золотин – остаточные пластинчатые, зернистые и гипергенные в виде пленок, губчатых агрегатов, каемок на зернах первичного золота, глобул, сростаний с глинистыми обособлениями, гидроокислами железа и марганца, оксидами теллура и сурьмы. В Южно-Енисейском рудном районе Енисейского края золотоносные участки коры выветривания относятся к гидрослюдисто-каолинитовому типу. Среднее содержание золота 4,9 г/т, размеры золотин 0,1–0,3 мм, реже 0,5–0,8 мм, форма частиц разнообразная. Значительная часть золота связана с частицами гидроокислов железа и не может быть извлечена чисто гравитационным способом [2]. В сырье золотоносной коры выветривания выявленной на Приполярном Урале [3] установлено, что золото в исходном сырье по генетическим свойствам не может быть отнесено ни к остаточному, ни к аутигенному типам. Исследованные золотины обладают рядом промежуточных качеств унаследованных и от первичной минерализации, и приобретенные в результате гипергенеза, отражающиеся в изменении гранулометрии, морфологии, образовании скульптур растворения, регенерации и роста. Для таких форм образования металла предложено ввести определение «гипергенно-модифицированное» золото.

Нами были изучены морфологические особенности золота в коре выветривания участка Верхнеталовского месторождения «Самсон». Значительная часть золота находится в сростках с минералами породы, прежде всего с оксидами железа, образованными по первичным сульфидам, меньше с кварцем. Золото относительно равномерно распределено по всем классам крупности. Свободное золото присутствует, в основном, в крупности менее 0,044 мм. Содержание в руде составило 2,8 г/т. В результате гравитационных испытаний из измельченной руды в богатый шлик извлеклось 40 % золота. Дополнительно 15 % металла концентрируется в промпродукте с содержанием золота 1,2 кг/т, представленного преимущественно сростками, что требует доизмельчения либо дальнейшей переработки выщелачиванием. Отвальные хвосты гравитационным обогащением получить не удается, содержание в хвостах составляет 0,74 г/т.

Изучения продуктов гравитационного обогащения исследуемой руды показало, что основная причина потерь – малая крупность золота. Форма золотин сложная, присутствует губчатое, пористое золото. Большая часть золотин имеет размер меньше 44 мкм,

золотины крупностью менее 10 мкм в концентрате полностью отсутствуют, т. к. они гравитационным способом не извлекаются. Дополнительный источник потерь при гравитационном обогащении – сrostки золота. Богатые сrostки золота с гидроокислами железа, извлекаются при гравитационном обогащении и при доводке переходят в промпродукт. В наиболее крупных сrostках отмечаются участки с чистым ярко-желтого цвета золотом с гладкой поверхностью. В промпродукте наряду со сrostками встречаются также золотины изометричных форм с выкликивающими ответвлениями, неправильной каплеобразной формы, пластины золота с шероховатой поверхностью. Бедные сrostки определяют потери золота в песковой части хвостов. В гравииоконцентрате преобладают зерна чистого с поверхности золота различных причудливых форм с рваными краями, в виде корродированных, губчатых, ребристых пластин, почковидных натечных форм. Наблюдаются золотины объемных полуокатанных форм, со следами последовательного отложения на подложке. Присутствуют комковидные агрегаты неправильных форм с полыми углублениями. Крупность золотин варьируется от 15 до 200 мкм. Золотины несколько отличаются по цвету, одни имеют характерный ярко желтый цвет, другие более приглушенный матовый, белесый. Подобные признаки в изменении формы и цвете золотин свидетельствуют о гипергенных преобразованиях в руде. Кроме того, большие потери золота – 25 %, при содержании 1,28 г/т приходится на слив обесшламливания, предшествующей операции гравитации. Это свидетельствует о том, что в руде присутствует очень тонкое, пылевидное так называемое «плавучее» золото, которое при гравитационном обогащении будет уходить в хвосты.

Таким образом, гравитационное обогащение для исследованной руды может служить лишь вспомогательной операцией для выделения части свободного относительно крупного золота в богатый продукт. В исследованиях руды по флотационно-гравитационной схеме были получены флото- и гравииоконцентраты с содержанием 92 г/т и 38 г/т соответственно. Суммарное извлечение в цикле составило 85 %. Анализ продуктов хвостов обогащения имитированного флотационно-гравитационного цикла показал, что по предложенной комбинированной схеме металл извлекается практически полностью. В хвостах флотации достигается отвальное содержание золота, менее 0,15 г/т. Содержание золота в шламе гидроциклона в классе –0,015 мм составило 0,1 г/т.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровская Н. В. // ДАН СССР, 1941. – Т. 32, № 6. – С. 424–426.
2. Freise W. F. // Econ. Geol., 1931. – V. 26, № 4. – P. 421–431.
3. Амосов Р. А. Морфология «неизвлекаемого» золота в корках выветривания / Р. А. Амосов, Н. А. Козырева, Л. М. Дейнекина // Доклады Академии Наук СССР, 1988. – Т. 303, № 3. – С. 711–714.
4. Риндзюнская Н. М. Месторождения золота в корках выветривания / Н. М. Риндзюнская, Т. П. Полякова, Р. О. Берзон // Руды и металлы, 1992. – № 1. – С. 62–69.
5. Сергеев Н. Б. Типоморфные минеральные парагенезы и механизмы минералообразования в золотоносных рудообразующих системах кор выветривания / Н. Б. Сергеев, Н. Д. Самотоин – М.: Наука, 1990. – С. 207–215.
6. Цыкин Р. А. Золотоносные коры выветривания и карстовые образования Енисейского края / Р. А. Цыкин, С. Р. Цыкин // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. – Красноярск: КНИИГиМС, 1998. – С. 186–192.
7. Хазов А. Ф. Генетические особенности гипергенно-модифицированного золота в корках выветривания / А. Ф. Хазов, Д. В. Петровский // ДАН, 2007. – Т. 416, № 4. – С. 533–537.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВАЯ РУДОНОСНОСТЬ ИНТРУЗИВНЫХ ТРАППОВ ЗАПАДА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

С.Н. Прусская¹, Ю.Р. Васильев²

¹ ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

² ОИГТИМ СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Одной из актуальных задач геологии Красноярского края является задача прогноза медно-никелевых месторождений в Приенисейской полосе запада Сибирской платформы. На настоящий момент в этой районе выполнен довольно обширный комплекс геологосъемочных и тематических работ (ГСЭ КГУ, ОИГТИМ СО РАН, СНИИГТИМС, ВСЕГЕИ и др.), значительный объем колонкового и глубокого бурения (ПГО Енисейнефтегазгеология, Тунгусская ГПЭ, Туруханская ТНГРЭ и др.). Целенаправленный анализ геолого-геофизической информации, результаты тематических работ, проведенные специалистами ОИГТИМ СО РАН и другими организациями, позволил (в своё время) выделить самостоятельную Средне-Енисейскую провинцию магнезиальных базитов, перспективную на выделение крупных скоплений Cu-Ni руд (и платиноидов) норильского типа (Золотухин, 1980; Золотухин, Васильев, 1984).

Находка обломка сульфидной руды подобного типа в бассейне р. П. Тунгуска (Бронников и др., 2000) подтвердила эти предположения. Выделенная Средне-Енисейская провинция магнезиальных базитов располагается на правом берегу р. Енисей в виде широкой (100–150 км) полосы, протягивающейся на 350–400 км от устья р. Вороговка на юге до устья р. Н. Тунгуска на севере. Определённые черты сходства геолого-тектонического строения провинции с северо-западным геоблоком платформы, где расположены крупнейшие промышленные месторождения и рудопроявления сульфидных Cu-Ni руд (Норильск-I, Талнах и др.), а также присутствие здесь дифференцированных трапповых интрузий повышенной магнезиальности позволяют сделать вывод о перспективности этой территории на возможность обнаружения здесь крупных скоплений подобных руд.

Основные признаки сходства геологического строения и характера магматизма Средне-Енисейской провинции магнезиальных траппов с Норильско-Хараелахской рудной провинцией заключаются в следующем:

1. Приуроченность выделяемой провинции к зоне Приенисейского глубинного разлома и его оперяющим нарушениям. Сложная глубинная структура разлома, очевидно, выполняла рудоконтролирующую роль в этом регионе.

2. Блоковое строение фундамента и большая мощность (до нескольких км) осадочного чехла в местах погружения отдельных блоков.

Результаты глубокого бурения на нефть и газ в Приенисейской полосе выявили также наличие сильной раздробленности разреза осадочного чехла (своеобразной блоковости), обусловленной неравномерной насыщенностью разреза различными по мощности интрузивными трапповыми телами.

3. Сочетание мульдообразных прогибов и валообразных поднятий, простирание которых совпадает с общим направлением надпорядковых геологических структур.

4. Крупные скопления разнообразных по составу и степени дифференциации интрузивных трапповых тел, в том числе высокомагнезиальных, сосредоточенных в зонах максимальной проницаемости разреза осадочного чехла (Тутончано-Тунгусская ослабленная зона и др.).

5. Наличие в этом районе геофизических (гравитационных и магнитных) аномалий, которые нередко интерпретируются по аналогии с Норильским районом как расслоенные базит-гипербазитовые интрузии.

За период 1970–1990 гг. специалистами ОИГТИМ СО РАН (В.В. Золотухин, Ю.Р. Васильев и др.) был детально изучен ряд дифференцированных интрузивных тел в бассейнах рек Вороговка, Подкаменная Тунгуска, Бахта, Фатъяниха, очень близких по составу к Норильско-Талнахскому типу. К их числу относятся следующие интрузии: Вороговская,

Талнахская, Сухобахтинская, Среднебахтинская, Хурингдинская, Имбакская, Устьподкаменнотунгусская, Большечернореченская, Светланинская, Лебединская, Онёкская, которые представлены на рисунке 1.

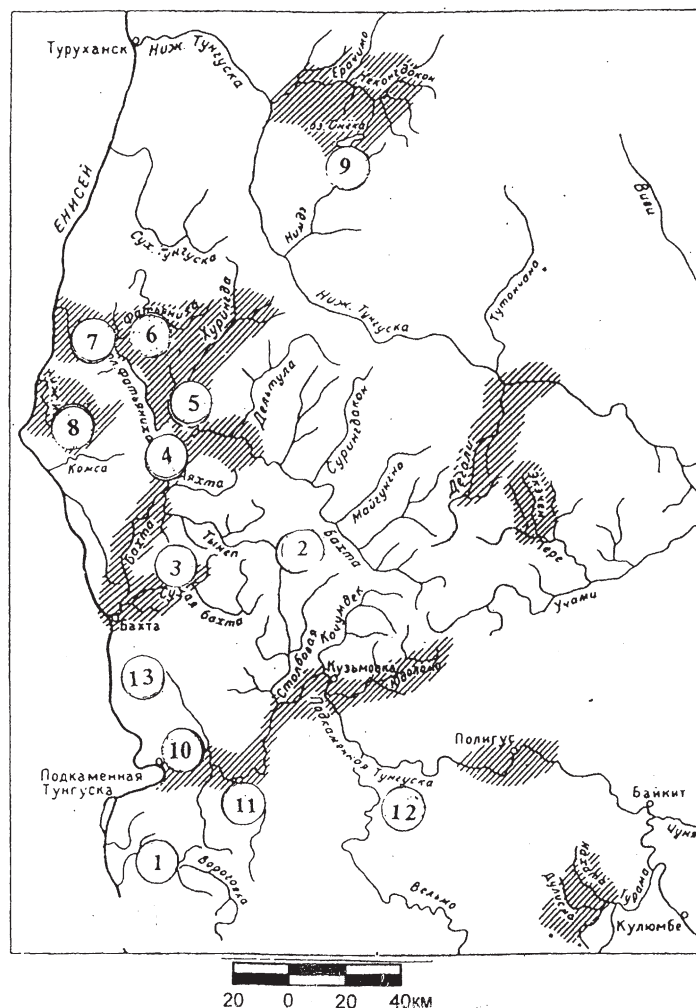


Рис. 1. Схема расположения дифференцированных трапповых интрузий в междуречье Курейка–П. Тунгуска. Заштрихованы области развития магнезиальных траппов. Интрузии: 1 – Вороговская; 2 – Тынепская; 3 – Сухобахтинская; 4 – Среднебахтинская; 5 – Хурингдинская; 6 – Фатьянинская; 7 – Нижнефатьянинская; 8 – Имбакская; 9 – Онекская; 10 – Устьподкаменнотунгуская; 11 – Большечернореченская; 12 – Светланинская; 13 – Лебединская

В последующем к ним добавились материалы нефтегазопроисхождения, позволившие обосновать выделение крупнообъёмных интрузивных тел с повышенной магнетизмичностью в районе оз. Онёка – Онёкский расслоенный потенциально рудоносный интрузив и его ветви (Прусская С. Н., 1992–2008; Васильев Ю. Р., Прусская С. Н., 2000–2008 и др.).

В силу объективных данных (степень обнажённости, изученности, включая дорогостоящие аналитические исследования) эти интрузии различаются между собой полнотой разреза, характером внутрикамерной дифференциации, а также чертами морфологии и особенностями вещественного состава. Ряд интрузий прекрасно вскрыт от подошвы до кровли в коренных обнажениях (Вороговская, Светланинская, Большечернореченская), другие – буровыми скважинами (Тынепская, Лебединская, Онёкская). Разрез некоторых интрузивных массивов представлен вообще не полностью (Устьподкаменнотунгуская, Хурингдинская, Имбакская) или фрагментарными выходами пород и их развалами (Среднебахтинская, Сухобахтинская и др.). Мощность хорошо разбуренной Онёкской интрузии может достигать 1000 м и более, в то время как у других интрузивных тел она колеблется в пределах 150–500 м.

Для этих интрузий также характерны различная морфология и размерность тел, полнота внутрикамерной дифференциации и общая повышенная магнезиальность (до 8–10 мас% MgO). При этом содержание MgO в верхних и нижних дифференциатах может изменяться в широких пределах от 2–3 до 18–21 мас% MgO соответственно, подчёркивая высокую степень внутрикамерной дифференциации исходного расплава. Характер внутрикамерной дифференциации также различен. Среди изученных объектов выделяются интрузии с высокой степенью внутрикамерной дифференциации (Вороговская, Светланинская, Большечернореченская, Тынепская, Лебединская, Онёкская, Хурингдинская), в которых наблюдаются хорошо выраженные горизонты лейкократовых и меланократовых дифференциатов. Дифференциация, близкая к Норильскому типу отмечается в Тынепском, Светланинском и Онёкском интрузивах.

Судя по фоновым материалам, в Тынепской интрузии присутствует весь набор дифференциатов – от пикритовых габбро-долеритов приподошвенной части до безоливиновых габбро-долеритов прикровельной, а также такситовые габбро-долериты с вкрапленным и мелкопрожилковым сульфидным Cu-Ni оруденением. В Светланинской интрузии в приподошвенной части присутствуют троктолит-пикритовые габбро-долериты, а в прикровельной – безоливиновые габбро-долериты и гранофиры.

Наиболее полные разрезы Онёкского расслоенного магнезиального интрузива вскрыты и частично изучены по разрезам структурно-колонковых скважин нескольких площадей бурения (Верхне-Нимдинской, Котовской, Некогдакон-Северной, Хурингдинской, Тептейской, Геофизической, Западно-Ногинской, Западно-и-Восточно-Малькитконской, Верхней, Бирямбинской и других (С.Н. Прусская, 1992, 2000–2009).

Во всех этих разрезах довольно чётко прослеживаются три основных горизонта, составляющие расслоенную серию пород снизу: 1) приподошвенный горизонт; 2) горизонт центральный; 3) горизонт кровли.

Горизонт кровли (прикровельный) представлен долеритами микропойкилитовыми, порфировыми и порфировидными (эндоконтакт), долеритами гломеропорфировыми оливиновыми и безоливиновыми габбро-долеритами, иногда такситовыми. Отмечаются шпильеры габбро-долерит-пегматитов. Максимальная вскрытая мощность этого горизонта прослежена по разрезу скв. 8-Внм (Верхне-Нимдинская площадь), где он составляет порядка 490 м.

Центральный горизонт – горизонт максимальной дифференциации наиболее полно вскрыт в разрезе скв. II-Внм (интервал 378–835 м) Верхне-Нимдинской площади, где он представлен долеритами оливинсодержащими и оливиновыми до трактолитовых с гломеропорфировой и характерной офито-коккитовой структурой. Отмечаются слои долеритов пикритовых и пикрит-троктолитовых с таксито-офитовой структурой, включающих порой обильную сульфидную вкрапленность.

Наиболее полно четко выраженная дифференциация от оливинсодержащих до пикритовых габбро-долеритов изучена (с привлечением данных В.В. Золотухина, 1984) по керну структурно-колонковой скважины Внм-5 – Верхне-Нимдинской площади. В последующем это изучение продолжилось по целому ряду разрезов скважин профиля р. Неконгдакон – р. Северная, структурно-колонковым скважинам Верхне-Нимдинской, Котовской, Геофизической, Бильчанской, Тептейской и других площадей (С.Н. Прусская, Ю.Р. Васильев, 1992–2009). Мощность горизонта изменяется от 212 до 458–490 м.

Горизонт подошвы интрузий (приподошвенный) сложен долеритами оливинсодержащими и безоливиновыми гломеропорфировыми, мелкопойкилобластовыми со шпильерами габбро-долеритов и долеритами зоны закалки в нижнем эндоконтакте интрузива (афанитовые и мелкогломеропорфировые разности). Мощность изменяется от 14 до 48 м.

По среднему составу интрузивы онёкского типа (Онёкский расслоенный интрузив и его ветви) относятся к щелочной или слабощелочной серии глубинной дифференциации, калиевой ветви щелочно-земельной внутрикамерной дифференциации. По основным петрохимическим параметрам: Щ-К-912-937 ; Кр-775-858 ; Кф-52,99-68,42 ; $\text{Ст. 0} > 1,20$; $\text{MgO} \geq 8$ вес % – интрузии относятся к гипербазит-базитовой субформации. По соотношению $\text{K} - \text{MgO}$ разделяются на две группы:

1. Низкокалиевые – близкие к интрузивам моронговского подтипа.
2. Высококалиевые – сближающиеся с интрузивами Норильско-Талнахской групп.

По этим основным петрохимическим параметрам интрузивы онёкского типа (онёкский расслоенный интрузив и его ветви) очень близки к рудоносным интрузивам Норильского района (Норильско-Талнахский генетический ряд и Нижне-Талнахско-Черногорский

генетический ряд) и, следовательно, представляют определенный интерес для дальнейших исследований при целенаправленных поисковых работах. Принципиально важным моментом является установленная (в процессе структурно-профильных построений) многоярусная локализация магнезиальных интрузий онекского типа. Характерно, что эти интрузии прослеживаются разрезами глубоких скважин до глубин 3000 м и более, как показано на рисунке 2, увеличивая тем самым перспективы этого района на возможное наличие еще не вскрытых рудоносных горизонтов расслоенных интрузий, локализованных на различных горизонтах осадочного чехла. Следует также отметить, что большинство разрезов интрузий онёкского типа содержит порой обильную сульфидную вкрапленность и отдельные (маломощные) горизонты сульфидных руд. Изучение рудных ассоциаций проводилось сотрудниками ОИГТИМ СО РАН – М.П. Мазуровым и др., 2004, 2007, 2008 гг. Было выяснено, что сульфидная минерализация для интрузий этого комплекса имеет свои отличия, связанные с особенностями развития флюидных рудно-магматических систем в пределах Приенисейской полосы. То есть сульфидная минерализация имеет здесь свою специфику: наряду с парагенезисом халькопирит + сфалерит + галенит часто встречаются вкрапленники твёрдых растворов халькопирит + борнит + халькозин, которые в зоне окисления замещаются ковеллином (Мазуров и др., 2009). Очевидно, становление рудно-магматических систем привело к появлению большого спектра генетических типов руд: магматических медно-никелевых норильского типа, скарново-магнетитовых ангаро-илимского типа, гидротермальных медных с цинком, свинцом, серебром и другими металлами.

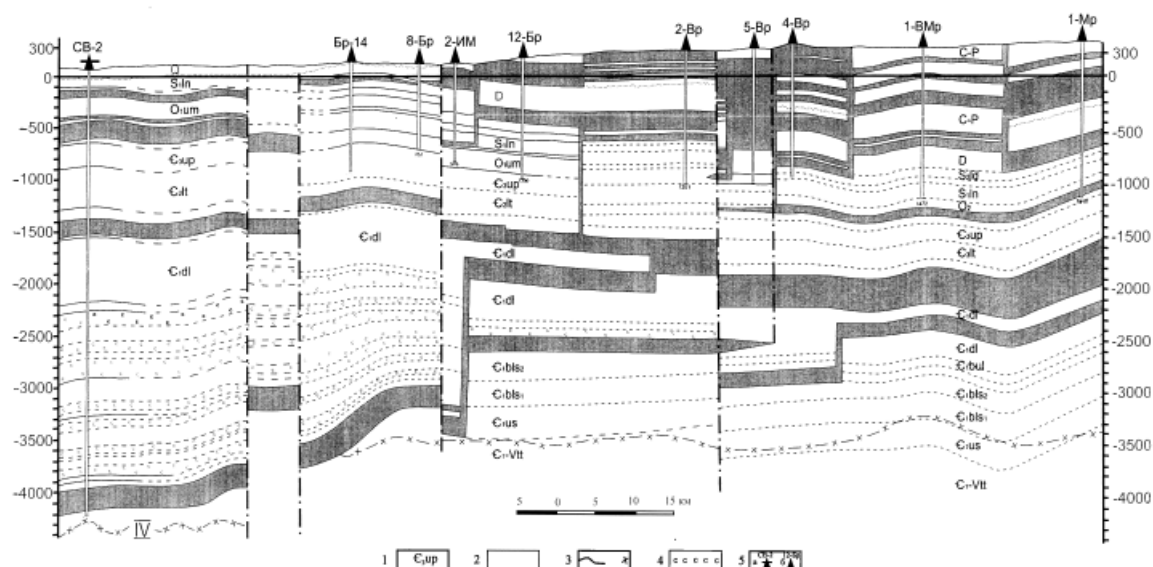


Рис. 2. Геолого-геофизический профиль по разрезам скважин СВ-2–1Нр
1 – стратиграфические подразделения, вскрытые разрезами скважин;
2 – интрузивные образования; 3 – отметки IV отражающего горизонта
в кровле венд-нижнего кембрия; 4 – пласты каменной соли; 5 – скважины:
а – глубокого и параметрического бурения и б – колонкового бурения

Проведённая с помощью логико-математических методов обработки геолого-геохимической информации (Ю.Р. Васильев и др.), прогнозная оценка перспективной рудоносности дифференцированных траптовых интрузий Средне-Енисейской провинции установила, что из 13 объектов были выделены 3, которые согласно технологической цепочке решения отнесены к классу «продуктивных» («месторождения или рудопроявления»). Этими перспективными объектами являются интрузии: Лебединская, Тынепская и Хурингдинская.

Наряду с изложенными представлениями о потенциальной рудоносности этого региона, следует заметить, что было предложено понятие «рудных узлов» (П.П. Курганьков, И.А. Кузьмин, 2008). «Рудные узлы» представляют собой достаточно крупные по площади участки (до нескольких тысяч км²), на которых располагаются дифференцированные траптовые интрузии и различные рудопроявления как ассоциирующие с траппами, так и представленные рудными валунами. Большинство так называемых «рудных узлов» соотносится

с положением известных дифференцированных трапповых интрузий и имеет, соответственно, такое же название.

В заключение следует ещё раз подчеркнуть, что западная часть Приенисейской полосы от широты Норильска, включая левобережье р. Подкаменной Тунгуски, несмотря на значительные объёмы поисковых и буровых работ всё же очень мало исследована. Имеющиеся материалы научно-исследовательских работ подтверждают её перспективы, следовательно, остаётся надеяться, что новые открытия рудопроявлений или месторождений – дело недалёкого будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронников А. П., Васильев Ю. Р., Золотухин В. В. и др. О первой находке массивных сульфидных Cu-Ni-Pt руд норильского типа в приустьевой части Подкаменной Тунгуски (Сибирская платформа)//Докл. РАН, 2000.т. 375 № 3, с.366–369.
2. Васильев Ю. Р., Ткаченко Н. А., Щербакова З. В. Петрология Вороговской трапповой интрузии//Геология и геофизика № 7, 1989, с. 17–27.
3. Васильев Ю. Р., Золотухин В. В., Феоктистов Г. Д., Прусская С. Н. Оценка объёмов и проблемы генезиса пермотриасового магматизма Сибирской платформы//Геология и геофизика, 2000 № 12 с. 1696–1705.
4. Васильев Ю. Р., Дмитриев А. Н., Золотухин В. В., Неволин В. А. Дифференцированные трапповые интрузивы междуречья Курейки-Подкаменной Тунгуски и логико-математический прогноз их медно-никелевой рудоносности. Новосибирск, 2003, ОИГТиМ, вып. 855, с. 135.
5. Васильев Ю. Р., Прусская С. Н., Мазуров М. П., Медведев А. Я., Альмухмедов А. И., Гора М. П. Онёкский интрузивный комплекс: новый структурный тип крупномасштабных проявлений траппового магматизма на Сибирской платформе//Геология и геофизика, 2008 т. 49 № 5 с. 395–409.
6. Васильев Ю. Р., Прусская С. Н., Мазуров М. П. Новый тип крупнообъёмных проявлений внутриплитного интрузивного траппового магматизма (запад Сибирской платформы). Док АН., 2007 т. 413 № 2, с. 213–217.
7. Магнезиальный базиты запада Сибирской платформы и вопросы никеленосности. Новосибирск: Наука, 1984, 264 с.
8. Курганьков П. П., Кузьмин И. А., Приенисейская провинция магнезиальных траппов и перспективы медно-никелевое оруденение норильского типа (Средне-Енисейская металлогеническая зона)//Геология и полезные ископаемые Красноярского края, Красноярск, 2008, вып. 9, с. 122–128
9. Прусская С. Н. Петрология и структурное положение интрузивных траппов запада Сибирской платформы. Монография, Красноярск, СФУ, 2008 г., 247 с.

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ И СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ НЕФЕЛИНОВЫХ ПОРОД СРЕДНЕ-ТАТАРСКОГО МАССИВА

А.В. Федорова¹, П.А. Тишин², А.М. Сазонов¹

¹ ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

² ГОУ ВПО «Томский государственный университет», г. Томск, Россия

В статье рассмотрены результаты изучения распределения главных петрогенных оксидов в нефелиновых породах Средне-Татарской интрузии. Приведена петрохимическая аттестация основных петрографических разновидностей пород, участвующих в строении массива, охарактеризована их петрохимическая специализация и закономерности вариаций пород.

Введение

Средне-Татарский комплекс расположен в юго-западной части Центрально-Ангарского террейна. Комплекс состоит из четырех массивов щелочных пород, установленных в бассейне правого притока Ангары – р. Татарка. Наиболее крупным из них (площадь около 17 км²) является одноименный массив (рис. 1), залегающий среди верхнерифейских мраморизованных известняков и сланцев. Форма интрузии штокообразная, вмещающие породы в узкой (200–500 м) приконтактной зоне фенитизированы. В строении массива участвуют две магматические ассоциации. Преобладают ранние (675±5,8 млн лет [2]) лейкократовые, однородные по составу фойяиты и их жильная фация – щелочные сиенит-пегматиты, развитые как в пределах массива, так и вне его. Более поздняя ассоциация (609,2±7,3 млн лет [2]) представлена полевошпатовыми ийолитами, образующими субгоризонтальную пластовую залежь, выходящую на поверхность в центральной части plutона в виде овального тела вытянутого в северо-западном направлении мощностью около 200 метров и ряд мелких сателлитов среди фойяитов на его восточном фланге и среди известняков контактовой зоны [3]. Контакты между ийолитами и нефелиновыми сиенитами имеют инъекционный характер. Формирование основных фойдолитов завершают жильные фойяит-пегматиты, тела которых сосредоточены в контурах массива. Северо-восточный эндоконтакт интрузии представлен мусковитовыми сиенитами – являющимися продуктами гидротермально-метасоматической мусковитизации фойяитов [2]. Все первично-магматические породы подверглись в разной степени микроклинизации и альбитизации.

Петрохимические особенности пород

Главными петрохимическими особенностями нефелинсодержащих пород Средне-Татарской интрузии являются пониженная кремнекислотность ($\text{SiO}_2 \sim 45\text{--}60\%$), обогащенность глиноземом ($\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 18\text{--}26\%$) и щелочами ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ до 17%; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} \sim 0,2\text{--}2,2$). Для более меланократовых ийолитов характерно увеличение концентраций фермических компонентов.

С целью выявления исходных петрохимических различий пород Средне-Татарского массива было изучено распределение в них главных петрогенных оксидов на основе кластерного анализа с выборочным расчетом нормативного минерального состава пород по методу CIPW для проверки достоверности выделенных таксонов и их петрографической аттестации.

Среди всей совокупности проанализированных пород, по соотношению кальция, кремнезема, глинозема и щелочей, прежде всего, выделяются силикатная ($\text{CaO} = 0\text{--}9\%$; $\text{SiO}_2 = 45\text{--}62\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17\text{--}34\%$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 4\text{--}17\%$) и карбонатная ($\text{CaO} = 39\text{--}75\%$; $\text{SiO}_2 = 11\text{--}37\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{--}8\%$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0\text{--}3\%$) ассоциации. Карбонатная ассоциация обнаруживает максимальную петрохимическую контрастность, выделяясь из общей выборки при 100% уровне принятой дискриминации и объединяет силицитизированные и скарнированные породы вмещающей горевской свиты. Дискриминация силикатной

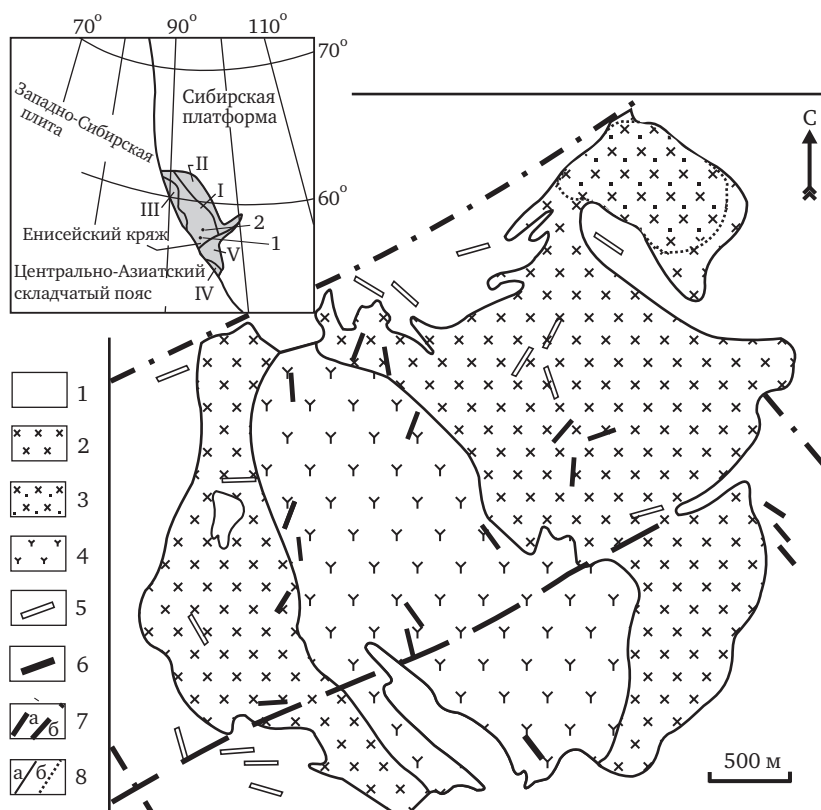


Рис. 1. Схема геологического строения Средне-Татарского массива (по материалам Ангарской ГРЭ и [2]). 1 – терригенно-карбонатные отложения позднего рифея (свиты Сухого хребта и горевская); 2–6 – Средне-Татарский комплекс: фойяиты (2), мусковитовые сиениты (3), полевошпатовые ийолиты (4), щелочные сиенит-пегматиты (5), фойяит-пегматиты (6); 7 – разрывные нарушения (а – второстепенные, б – скрытые под вышележащими образованиями); 8 – границы (а – геологических тел, б – фациальные). На врезке показано географическое положение щелочных и карбонатитовых комплексов Енисейского кряжа (1 – Средне-Татарский ийолит-фойяитовый, 2 – Пенченгинский фенит-карбонатитовый). Структурное районирование региона приводится по [1]: I–V – террейны Центрально-Ангарский (I), Восточно-Ангарский (II), Исаковский (III), Предивинский (IV), Ангаро-Канский (V)

петрохимической ассоциации менее контрастна, особенно в отношении нефелиновых сиенитов (на уровне 15%). Силикатная ассоциация, объединяющая плагиоийолиты, нефелиновые сиениты и продукты их выветривания, включает натровую ($\text{Na}_2\text{O}=3\text{--}12\%$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0,2\text{--}2$) и калиевую ($\text{Na}_2\text{O}=0,3\text{--}1,3\%$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=3\text{--}28$) породные группы, отличающиеся по уровню концентрации натрия и их щелочной специализации.

Калиевая группа объединяет породы, подвергшиеся наиболее интенсивному выветриванию, до пелитовой фракции. Преимущественно кварц-монтморилонит-гидрослюдистый состав конечного продукта выветривания подчеркивается появлением в них нормативных кварца (15–22%) и силлиманита (25–43%) и наблюдаемым локальным обогащением пород глиноземом и относительно устойчивыми концентрациями железа, магния и калия.

подавляющее большинство петрографических разновидностей изучаемых пород входит в состав натровой группы. По содержанию кремнезема, мафических компонентов, щелочей и глинозема внутри группы выделяется четыре подгруппы: мафическая ультращелочная, мафическая щелочная, субсалическая ультращелочная и субсалическая высокоглиноземистая.

Особенность химизма мафической ультращелочной и щелочной подгрупп проявляется в низком уровне концентрации кремнезема (до 53%), фиксирующем верхнюю границу пород основного состава. Их различие проявляется в соотношении силикатных

и фемических компонентов, подтверждаемом нормативным составом этих пород. Суммарная доля нефелина и полевых шпатов составляет 73–81 % для ультращелочной подгруппы и 57–66 % – для щелочной. Повышенные концентрации нормативных фельдшпатоидов (20–26 %) в лейкократовых разновидностях плагиоийолитов относительно меланократовых ийолитов (15–22 %) подчеркивают повышенную щелочность первых.

Наиболее распространены в пределах Средне-Татарского массива породы субсалической ультращелочной подгруппы, объединяющие практически все магматиты интрузии среднего состава и продукты начальной стадии их выветривания из-за невозможности более дробного деления (дискриминация выборки внутри подгруппы не превышает 15%-ой вероятности). Подгруппа характеризуется повышенным содержанием кремнезема (54–62 %), глинозема (18–26 %), щелочей (10–17 %) и меньшим количеством мафических компонентов относительно мафических подгрупп.

Основной чертой нефелиновых сиенитов Средне-Татарского массива является наличие нормативного корунда (до 2 %), классических полевошпатовых ийолитов – повышенные концентрации нормативного нефелина на фоне значительной (более 20 %) доли фемических минералов, выветрелые разновидности отличаются присутствием нормативного алюмосиликата и кварца.

Отличительной чертой химизма пород субсалической высокоглиноземистой подгруппы, представленной продуктами средней степени выветривания, является обогащение их глиноземом (до 27 %) на фоне понижения щелочности (до 8 %), что выражается в появлении нормативного силлиманита (18–26,5 %) и кварца (до 23 %). Низкая фемичность этих пород (суммарное содержание доли FeO, MgO, CaO не превышает 7 %) сближает их с нефелиновыми сиенитами.

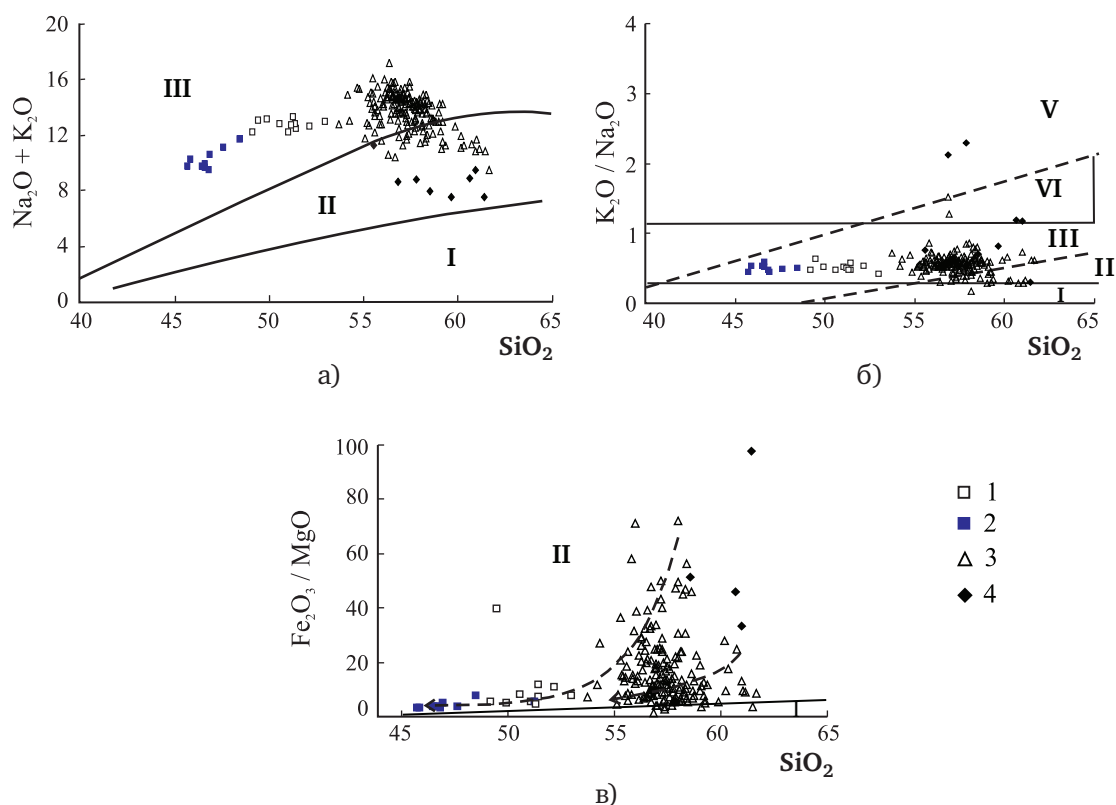


Рис. 2. Петрохимическая типизация пород Средне-Татарского массива на классификационных бинарных диаграммах: $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – SiO_2 (а), $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ – SiO_2 (б), $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ – SiO_2 (в) в соответствии со схемой О.А. Богатикова с соавторами. 1 – лейкоийолиты, 2 – мезократовые ийолиты, 3 – фойяиты, 4 – сиениты. Композиционные поля магматических пород (а): I – нормальной щелочности, II – субщелочного ряда, III – щелочного ряда [4]; (б): I – натриевой серии, II – субнатриевой серии, III – калиево-натриевой серии, IV – субкалиевой серии, V – калиевой серии; (в) I – нормальной щелочности, II – субщелочного ряда, III – щелочного ряда [6]

Установление петрохимической специализации основных разновидностей пород исследуемого массива проводилось на основании принадлежности к абстрактным магматическим сериям в соответствии со схемой О.А. Богатикова с соавторами.

Фигуративные точки подавляющего большинства исследуемых пород на классификационной диаграмме $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (рис. 2) попадают в поля магматитов щелочной серии. В качестве основного условия разделения щелочных и субщелочных серий, как правило, используются особенности минерального состава горных пород, т.е. присутствие модальных фельдшпатоидов, щелочных темноцветных силикатов и силикатов [5, 6]. По этим параметрам подавляющее большинство исследуемых пород Средне-Татарского массива подчеркивают щелочную специфику.

На диаграмме А. Мияширо $\text{FeO}^t - \text{SiO}_2$ (рис. 2) фигуративные точки исследуемой выборки в ряду ийолиты – фойяиты – сиениты обнаруживают отчетливую тенденцию роста железа в более лейкократовых разновидностях.

В соответствии со щелочной специализацией, отображенной на диаграмме $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (рис. 2), породы массива относятся к продуктам калиево-натриевой серии.

Анализ диаграммы Л.С. Бородина $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{CaO} - \text{Ac}$ подтверждает развитие среди пород Средне-Татарского массива производных магматической серии повышенной щелочности. На самостоятельность данной серии указывает единая направленность ее вариационного тренда и локализация фигуративных точек в поле субщелочной и щелочной серий (рис. 3). Наблюдаемое, для фигуративных точек фойяитов, расщепление единого эволюционного тренда в области при уменьшении известковистости позволяет предположить различные условия их кристаллизации.

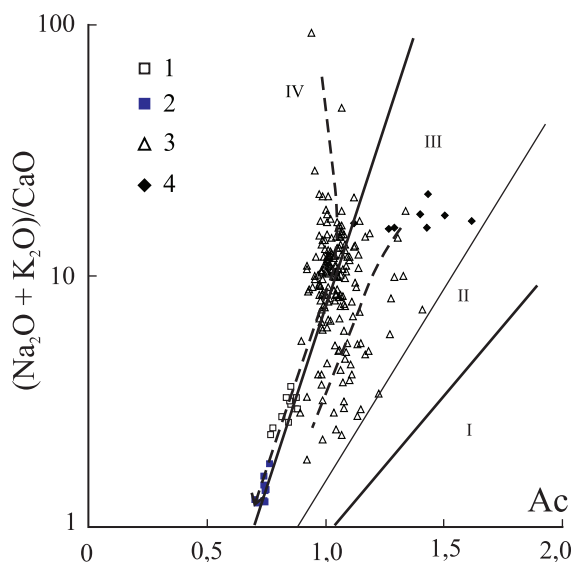


Рис. 3. Распределение фигуративных точек пород Средне-Татарского массива на диаграмме Л.С. Бородина:

1–4 – представительные химические составы пород (условные обозначения см. в пояснении к рис. 2);

I–IV – композиционные поля магматических пород: I – известковистой и толеитовой, II – известково-щелочной, III – субщелочной, IV – щелочной серий. Пунктиром со стрелкой показаны направления эволюции химизма пород массива

Распределение главных петрогенных окислов относительно содержания кремнезема (рис. 4) фиксируют обратную пропорциональную зависимость вариации содержаний TiO_2 и Fe_2O_3 (рис. 4), что доказывает правомерность использования содержания кремнезема в качестве показателя степени дифференцированности исходного магматического расплава.

Расщепление вариационного тренда фигуративных точек фойяитов, отражающее высокую вариативность данных компонентов в высококремниевых областях наблюдается и на диаграммах $\text{CaO} - \text{SiO}_2$, $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ (рис. 4).

Генерализованное распределение глинозема в породах Средне-Татарского массива обнаруживает близкие закономерности с вариациями содержания щелочей и кремнезема, подтверждая предположение о различных механизмах фракционированной кристаллизации пород ранней и поздней магматических ассоциаций (фойяитов и ийолитов). Так, в ийолитах фиксируется накопление щелочных компонентов в остаточном расплаве, а для фойяитов концентрации этих компонентов могут оставаться практически постоянными (рис. 5), либо понижаются, например, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (рис. 2).

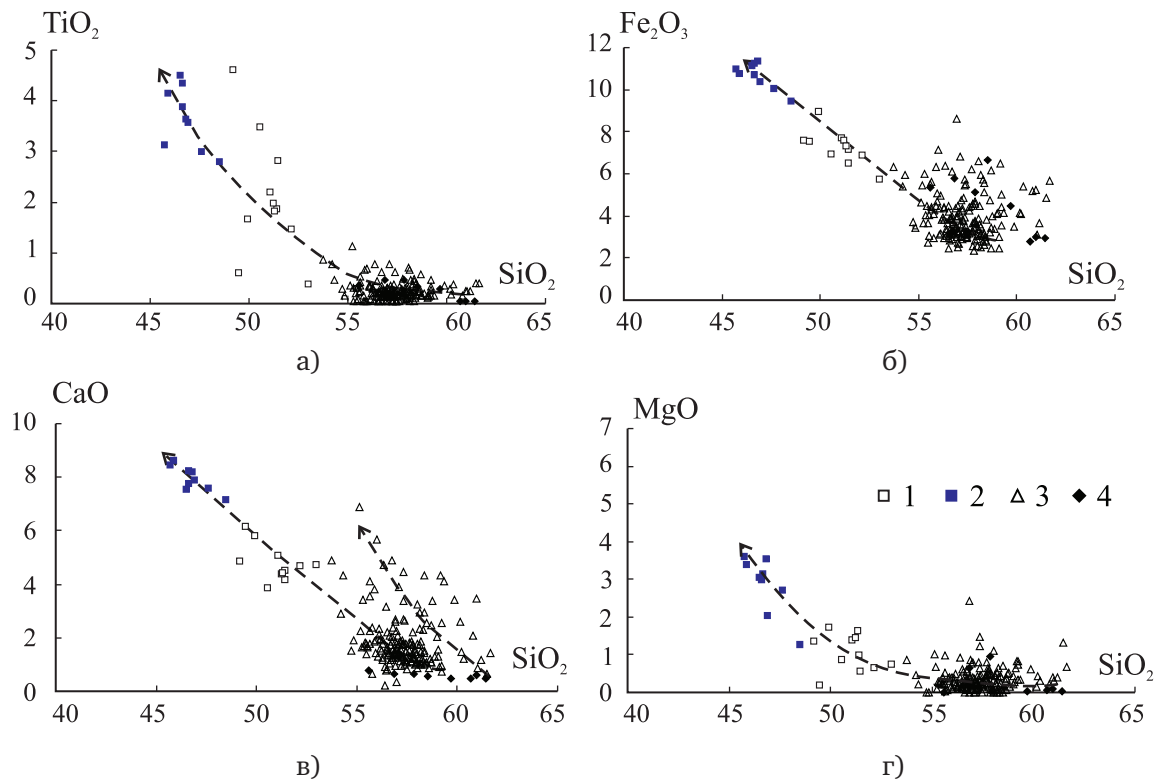


Рис. 4. Вариации вещественного состава пород Средне-Татарской интрузии на бинарных диаграммах $\text{NiO}_2 - \text{SiO}_2$ (а), $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ (б), $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ (в), $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ (г). 1–4 – представительные химические составы пород (условные обозначения см. в пояснении к рис. 2). Пунктиром со стрелкой показаны направления эволюции химизма пород массива

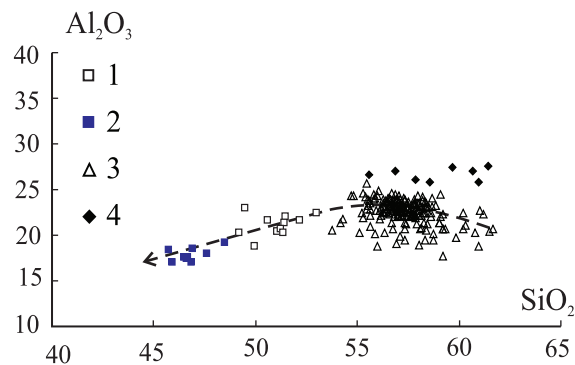


Рис. 5. Вариации вещественного состава пород Средне-Татарской интрузии на бинарной диаграмме $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. 1–4 – представительные химические составы пород (условные обозначения см. в пояснении к рис. 2). Пунктиром со стрелкой показаны направления эволюции химизма пород массива

Выводы

Наблюдаемые изменения эволюционного тренда являются свидетельством преобладания процесса фракционирования темноцветов (пироксенов) при кристаллизации ийолитов и наличия перетектической кристаллизации полевого шпата и фельдшпатоидов в фоййитах. Имеющиеся петрохимические данные позволяют констатировать, что петрографическое разнообразие пород изучаемого массива определяется кристаллизационной эволюцией продуктов калий-натриевой щелочной серии. Вариации петрогенных оксидов на петрохимических диаграммах фиксируют закономерное изменение вещественного состава пород внутри генерализованной выборки, отвечающее антидромной эволюционной последовательности – наблюдается рост концентраций мафических компонентов (MgO , CaO , TiO_2) и снижение силикатных (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O), от ранних магматических ассоциаций к поздним.

Геометрия вариационных трендов указывает на некоторую вариативность факторов фракционирования при становлении пород разных магматических ассоциаций Средне-Татарского массива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vernikovsky V. A., Vernikovskaya A. E., Kotov A. B. et al. // Tectonophysics. 2003. V. 375. № 1–4. P. 147–168.
2. Сазонов, А. М. Заангарский щелочной интрузив, Енисейский кряж: Rb-Sr-, Sm-Nd-изотопный возраст пород и источники фельдшпатоидных магм в позднем докембрии / А. М. Сазонов, В. В. Врублевский, И. Ф. Гертнер, А. В. Федорова, В. В. Гавриленко, Е. А. Звягина, С. И. Леонтьев. // Докл. РАН. 2007. Т. 413. № 6. С. 1–6.
3. Свешникова, Е. В. Заангарский щелочной массив, его породы и минералы. / Е. В. Свешникова, Е. И. Семенов, А. М. Хомяков. – М.: Наука, 1976. – 80 с.
4. Магматические горные породы. Т. 1: Классификация, номенклатура, петрография. Ч. 1 / Е. Д. Андреева, В. А. Баскина, О. А. Богатилов и др. М.: Наука, 1983–366 с.
5. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. – 128 с.
6. Магматические горные породы: В 6 т. Т. 6. Эволюция магматизма в истории Земли / Под ред. В. И. Коваленко. М.: Наука, 1987–439 с.

ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ И ЗОЛОТА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Н.А. Мацко¹, М.Ю. Харитонова²

¹ Институт проблем комплексного освоения недр РАН, г. Москва, Россия

² Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, Россия

Оценка доступности запасов минерального сырья является важным экономическим инструментом для руководителей субъектов РФ и районных администраций, для внутренних и внешних инвесторов, недропользователей. Объективные знания ценности месторождений необходимы при организации аукционов на получение лицензии на геологическое изучение и добычу, при организации презентаций месторождений, при определении стартовой стоимости участков недр, при принятии решений о проведении геолого-разведочных работ за счет бюджетных средств, определении месторождений, которые должны стать объектом первоочередного лицензирования.

В последнее десятилетие появились работы, проводимые под эгидой USGS (U. S. Geological Survey), в которых оценка минерально-сырьевой базы (МСБ) проводится на основе Моделей месторождений полезных ископаемых. Основой для их построения служит представление МСБ в форме G-T диаграмм (диаграмм «содержание – запас»). Горным бюро США также для оценки МСБ был разработан метод оценки доступности запасов минерального сырья [1].

Аналогом этого метода является разработанный в ИХХТ СО РАН и ИПКОН РАН метод оценки доступности минерально-сырьевой базы цветных и благородных металлов. Метод является достаточно продуктивным при оценке стоимости недр большой территории (региона или страны), потому что из-за низкой представительности исходных данных и большой трудоемкости расчетов сложно подсчитать доходы и затраты для каждого месторождения прямым методом. Разработанный метод является формализованным методом аналогий и не требует проведения трудоемких технико-экономических расчетов. Суть его сводится к следующему. На основании данных Государственного баланса полезных ископаемых строятся диаграммы «запас – содержание» по промышленным типам месторождений для данного региона. Выделяются резервные объекты и находящиеся в эксплуатации. С использованием процедуры логит-регрессии определяется функция принадлежности объектов к классам разрабатываемых и неразрабатываемых месторождений. То есть определяется вероятность вовлечения месторождения в разработку в зависимости от величины запасов и содержания полезного компонента в руде. Полученные вероятности вовлечения месторождений в эксплуатацию используются для оценки доступности месторождений. Показателем эффективности разработки служат также рассчитанные затраты и доходность.

Большая заслуга разработанного метода в том, что он позволяет определить предельно допустимые затраты в регионе. Именно эти затраты необходимы при подсчете эффективных запасов металла, эквивалентных дифференциальной природной ренте. Предельно допустимые затраты, выраженные в тоннах металла – это количество металла, соответствующее компенсирующим запасам оцениваемого месторождения. Определяются они с использованием линии граничной эффективности. Оставшейся металл – это прибыльный или рентный металл, который эквивалентен дифференциальной ренте.

В данной статье проведено обновление более ранних публикаций о доступности месторождений Красноярского края [2, 3]. Обновление было необходимо из-за появления новой информации о существенных изменениях общего количества и количества осваиваемых месторождений края. При построении моделей были учтены новые месторождения золота, меди, и, кроме того, был изменен статус некоторых месторождений, которые из резервных перешли в разряд осваиваемых. Так, в модели добавлены перспективные золотоносности, выявленные на о. Большевик – Нижнелиткинское и Грозненское, несколько медьсодержащих месторождений на территории Таймыра. Для этих месторождений выполнена предварительная оценка эффективности их освоения. Источником информации для расчетов

служили Каталог месторождений Красноярского края, Государственный баланс по запасам полезных ископаемых на 01.01.2005.

Исследования были выполнены применительно к сырьевой базе меднорудных, золоторудных и россыпных месторождений Красноярского края. Мы рассматривали совокупность золотых россыпей и коренных месторождений золота края, исходные данные по которым вполне представительны. А вот по меднорудным месторождениям региона столкнулись со сложностью – статистических данных оказалось недостаточно. В регионе представлены сульфидные медно-никелевые месторождения Таймыра, которые уникальны даже по мировым стандартам, медно-порфировое Сорское, Кингашское медно-никелевое, месторождения Таймыра. Для построения статистически значимой модели этих данных оказалось недостаточно. В связи с этим для медьсодержащих месторождений было проведено построение модели не на уровне региона, а на более высоком уровне – по РФ.

Рассчитаны абсолютные значения разведанных и вовлеченных в освоение эффективных запасов металла Красноярского края по следующим видам полезных ископаемых: золото рудное, золото россыпное, медь (табл. 1). Об интенсивности освоения полезных ископаемых можно судить по показателю степени освоенности эффективных запасов, как отношение стоимости эксплуатируемых запасов к общему количеству разведанных запасов. Значения освоенности для меди и коренного золота достаточно велики. В 2002 г. лицензию на изучение Кингашского месторождения получил «Норильский никель», в результате чего степень освоенности эффективных запасов меди края на сегодняшний день составляет 100%. В минерально-сырьевой базе коренного золота осваивается 72% эффективных запасов, но это не говорит о наличии большого количества резервных месторождений, основную долю неосвоенных запасов вносят месторождения о. Большевик, без учета которых освоенность составляет 90%. Менее всего вовлечены в освоение запасы россыпного золота, что связано с их невысокой доступностью.

Таблица 1

Эффективные запасы и интенсивность их вовлечения в освоение

	Эффективные запасы металла	Степень освоенности эффективных запасов, %
Коренное золото, т	775	72
Россыпное золото, кг	15353	66
Медь, тыс. т	717292	100

Меднорудные месторождения

В Госбалансе РФ эти месторождения учитываются как меднорудные, хотя на многих из них встречаются очень высокие содержания других цветных, редких и благородных металлов. При этом цена на эти попутные компоненты, как правило, намного превышает цену меди. Поэтому при исследовании доступности месторождений использовался эквивалентный объем меди, который в стоимостном выражении равен стоимости всех извлекаемых металлов.

С помощью вероятностного подхода оценены не осваиваемые медьсодержащие месторождения Красноярского края: Гравийское (северо-восточнее г. Игарки), Сухаринское (Нижнее течение р. Енисей, р. Сухариха), Икэченское (р. Кулюмбэ), Арылахское (Верхнее течение р. Пясины), Порфировое (северо-восток Горного Таймыра), Кингашское (Саянский район).

Месторождения меди Таймыра находятся севернее 72 параллели, на диаграмме «запас – содержание» лежат за линией нулевой эффективности (рис. 1), имеют вероятность освоения ниже граничной для данного вида сырья: Гравийское 0,09, Сухаринское 0,012, Арылахское 0,01, Икэченское 0,03, Порфировое 0,001. Вероятность освоения Кингашского месторождения 0,31, достаточно высокая для медных месторождений. Расчет затрат на разработку приведен в таблице 2.

Таблица 2

Сводная таблица оценки месторождений меди Красноярского края

Показатели	Кингаш- ское	Гравий- ское	Сухарин- ское	Икэчен- ское	Арылах- ское	Порфиро- вое
Содержание, %	1,27	2,42	1,02	0,35	0,41	0,2
Запасы руды, тыс. т	219416	1259,9	102	725	600	50
Срок обеспеченно- сти запасами, лет	24,3	6,70	3,60	3,30	5,60	3,00
Годовая производи- тельность по руде, тыс. т	8653,5	180,51	27,40	21,21	103,48	16,05
Эксплуатационные затраты на тонну металла, \$/т	2747	13041	81366	270396	102396	545887
Эффективность, д. е.	2,04	0,54	0,09	0,03	0,07	0,01
Вероятность освоения, д. е.	0,309	0,09	0,012	0,03	0,01	0,001

Эффективность освоения, подсчитанная как отношение цены готовой продукции к эксплуатационным затратам, у всех месторождений Таймыра меньше единицы. Таким образом, при существующей обеспеченности запасами строительство горных предприятий на базе Гравийского, Сухаринского, Икэченского, Арылахского и Порфиорового месторождений в настоящее время нецелесообразно. Выполненная предварительная технико-экономическая оценка Кингашского месторождения показала целесообразность его отработки. Рассчитанные с помощью вероятностного подхода значения показали хорошую сходимость с данными, заявленными в проекте освоения месторождения. Отклонения рассчитанных значений не превышает 30 % и соответствует стадии предварительной оценки. По оценкам аналитиков, объем заявленных инвестиций на разработку Кингашского месторождения 36,9 млрд руб. может оказаться значительно выше, но при сегодняшнем уровне цен на драгоценные металлы, срок окупаемости проекта составит 3 года.

Золоторудные месторождения

Диаграмма «запас – содержание» для разведанных запасов по категории A+B+C1+C2 и прогнозных ресурсов по категории P1 коренного золота Красноярского края показана на рисунке 2.

Высокое значение граничной вероятности освоения (0,56) позволяет говорить о достаточно высокой средней доступности осваиваемых коренных месторождений края и о том, что за границей эффективной работы находятся месторождения с неплохими характеристиками.

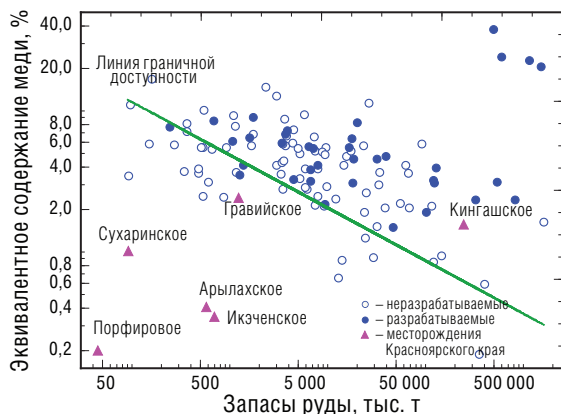


Рис. 1. Медьсодержащие месторождения России

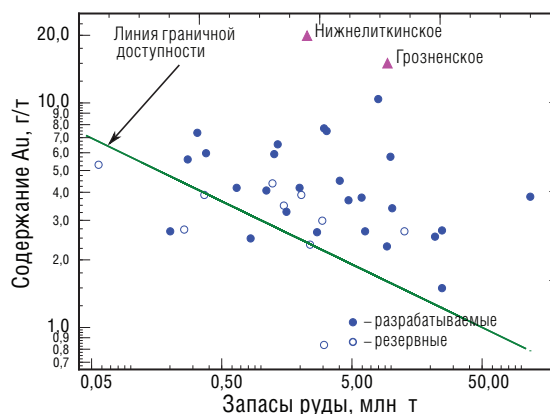


Рис. 2. Диаграмма запас-содержание для золоторудных

Оценка выполнена для двух месторождений золота, которые представляют наибольший интерес – Грозненского и Нижнелиткинского. Как видно из диаграммы (рис. 2), Грозненское и Нижнелиткинское месторождения являются богатыми и по потенциальной эффективности значительно превосходят остальные. Вероятность освоения, рассчитанная по оцененным ресурсам для Грозненского месторождения – 0,982, для Нижнелиткинского – 0,977. Из диаграммы запас-содержание, приведенной на рисунке 3 видно, что месторождения Грозненское и Нижнелиткинское не уступают по содержанию золота и величине запасов лучшим золоторудным месторождениям мира.

Оперативная оценка затрат на разработку изучаемых месторождений, с использованием показателя вероятности освоения, показала, что удельные эксплуатационные затраты на грамм золота составляют 3,7 \$/г (Грозненское) и 4,1 \$/г (Нижнелиткинское). При средней рыночной цене золота 25 \$/г это позволит достичь эффективности освоения (как отношение цены к себестоимости) 7,89 и 7,08, что является выше средних показателей по производству золота в крае.

Индекс доходности затрат для Грозненского месторождения 2,5, для Нижнелиткинского 2,34. Это выше, чем у всех осваиваемых и резервных золоторудных месторождений Красноярского края и обеспечивает приемлемый уровень рентабельности. Капитальные вложения окупятся и можно говорить о привлекательности месторождений для потенциальных инвесторов.

Основные технико-экономические показатели освоения месторождений золота о. Большевик приведены в таблице 3.

Таблица 3

Сводная таблица оценки месторождений рудного золота о. Большевик

Показатель	Грозненское на юго-востоке о. Большевик	Нижнелиткинское на юго-востоке о. Большевик
Содержание, г/т	15,00	20,00
Запасы руды, млн т	9,33	2,25
Срок обеспеченности запасами, лет	12	8
Вероятность освоения, д. е.	0,982	0,977
Годовая производительность по руде, т. тонн	790	270
Эффективность, д. е.	7,89	7,08
Эксплуатационные затраты на грамм золота, \$/т	3,7	4,1
Эффективные запасы, т	122	39
Индекс доходности затрат, д. е.	2,49	2,34

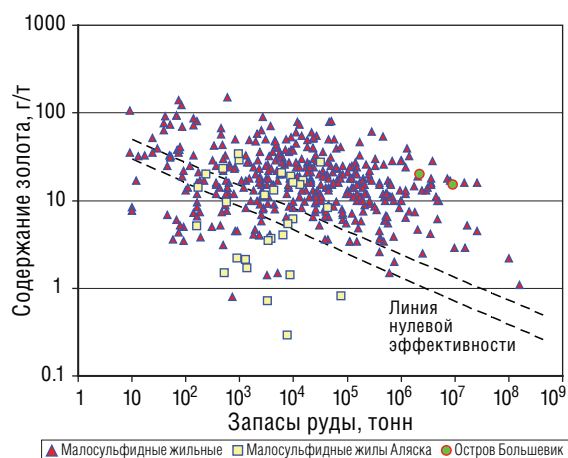


Рис. 3. Сравнительная характеристика золоторудных месторождений о. Большевик и малосульфидных жильных месторождений мира

Степень освоенности эффективных запасов 66%

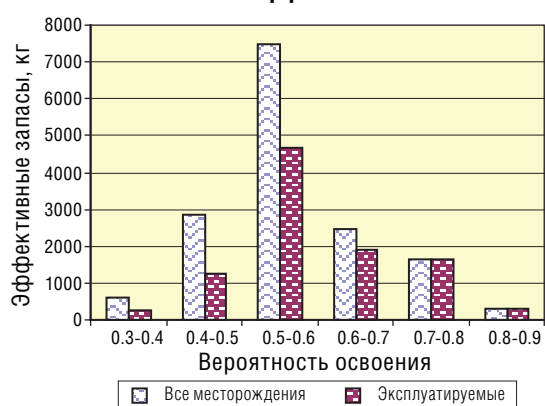


Рис. 4. Диаграмма, характеризующая освоение эффективных запасов россыпного золота Красноярского края в зависимости от вероятности освоения

Установлено, что природные параметры Грозненского и Нижнелиткинского месторождений (запас и качество запасов) при вовлечении их в хозяйственный оборот, обеспечат получение прибыльного или рентного металла в количестве 122 т и 39 т. Таким образом, предварительная оценка объектов рудного золота Грозненское и Нижнелиткинского показала целесообразность их дальнейшего геологического изучения для уточнения объема и качества запасов.

Россыпные месторождения золота

По сравнению с оценкой, выполненной 5 лет назад, состояние россыпной сырьевой базы практически не меняется – горно-геологические условия ухудшаются, сырьевая база не возобновляется. Степень освоенности запасов выросла на 10%. При доступности 0,76 и выше 90% россыпей уже освоено, это говорит об отсутствии резерва высокодоступных месторождений. В резерве имеется только четыре месторождения с доступностью 0,6–0,7, пятнадцать с доступностью 0,5–0,6. Но, наряду с ними достаточно много объектов с невысокой доступностью (0,3–0,5) (рис. 4). Степень освоенности эффективных запасов россыпного золота края невысока (66%), резерв месторождений существует, но доступность их очень низкая. Эксплуатация 11 россыпей (14% от общего количества резервных россыпей) при существующей экономической ситуации неэффективна. За последние 5 лет степень освоенности запасов возросла, несмотря на низкую доступность, объекты лицензируются, перспективы россыпной золотодобычи не исчерпаны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cox, D.P., and Singer, D.A., editors, 1986, Mineral Deposit models; U.S. Geological Survey Bulletin 1693, 379 p.
2. Мацко Н. А., Харитонов М. Ю. Использование метода оценки доступности для оперативной оценки месторождений рудного золота Красноярского края // Цветные металлы Сибири-2009: Сборник докладов первого международного конгресса. – Красноярск: ООО «Версо», 2009, С. 51–54.
3. Харитонов М. Ю. Оценка МСБ региона с использованием мезоэкономического подхода // Золото Сибири: геохимия, технология, экономика. Материалы IV Международного Симпозиума, Красноярск, 2006, РИЦ КНИИГиМС, с. 118–119.

МЕТОД ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Н.В. Головных¹, В.А. Бычинский¹, А.Г. Пухтовников², К.В. Чудненко¹, И.И. Шепелев³

¹ Учреждение Российской академии наук Институт геохимии
им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

² ОАО «РУСАЛ Ачинск», г. Ачинск, Россия

³ ООО «ЭКО-Инжиниринг», г. Ачинск, Россия

Информационные технологии все более проникают в сферу компьютеризированного управления производственно-технологическими процессами. В металлургических производствах, которые отличаются многофакторностью, высокой технологичностью и наличием сложных химических превращений, разработка и применение методов и программных продуктов, предназначенных для моделирования физико-химических процессов и систем, представляются особо актуальными.

Физико-химическая модель отражает основные свойства исследуемых объектов с помощью термодинамических соотношений, параметров теплового, механического, химического и физико-химического взаимодействия компонентов. Математическая структура физико-химической модели включает систему уравнений и неравенств, определяющих порядок вычисления и анализа термодинамических потенциалов, условий тепломассопереноса, динамики превращений веществ, она содержит алгоритмы, необходимые для расчета равновесий системы и кинетики протекающих в ней процессов.

Для прогнозирования природно-техногенных процессов с помощью физико-химической модели нужно: 1) создать базовую модель стандартного процесса; 2) подготовить и ввести в модель информацию о возможных ситуациях развития процесса; 3) применять математический алгоритм, используя его программный продукт.

В соответствии с принципом формирования минеральных парагенезисов, предложенным академиком Д.С. Коржинским, разработано несколько видов анализа равновесий – локальное равновесие; частичное равновесие; равновесие, основанное на расчете степени протекания реакции. Для моделирования систем с перемещением компонентов и фаз разработан метод последовательных реакторов, в котором система разбивается на серию отдельных реакторов; структура модели формируется путем комбинирования базовых подсистем и директивных параметров. Исходный компонент вступает в реакцию с веществом в первом реакторе, равновесные продукты перемещаются последовательно в следующие реакторы и вступают во взаимодействие с находящимся там веществом. Подвижные фазы, переходя через серию реакторов, изменяют вещественный состав.

В Институте геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова модельные физико-химические расчеты выполняются с применением программного комплекса ПК «Селектор», имеющего модульную структуру со встроенными базами термодинамических данных и блоком резервуарной динамики. Вычислительный модуль работает по алгоритму метода внутренних точек (алгоритм MBT). В течение 20 лет программный комплекс на основе MBT прошел тщательную экспериментальную и эксплуатационную проверку на самых различных типах геохимических и технологических задач.

Исходной информацией для моделирования геохимических систем являются:

– набор независимых компонентов (химические элементы с атомными массами); набор зависимых компонентов (минералы, газы, компоненты растворов с термодинамическими параметрами); химические составы исходных пород, газов и растворов; структура Мегасистемы, число и состав реакторов (резервуаров); сценарий взаимодействия реакторов (резервуаров), количество и последовательность обмена порциями вещества.

В результате расчетов для каждой из систем – резервуаров получаем:

– равновесные составы раствора и твердых фаз, образовавшихся при достижении равновесия (включая молярную концентрацию для каждого компонента раствора, мольные

количества, весовые и объемные проценты для газов и минералов); аддитивные характеристики системы (pH , ионная сила, E_h , отношение порода/вода, плотность и т. п.).

Анализ количественных равновесно-динамических моделей позволяет выявить причины, условия и механизмы формирования и функционирования геохимических систем и разработать эффективные и экологически безопасные способы их использования и мониторинга в интересах промышленной и хозяйственной деятельности человека.

Моделирование производственно-технологических процессов

Данная задача предусматривает компьютеризацию целого ряда технологических параметров производства, таких как: состав и расход сырья и добавок (шихты); состав, соотношение и структура компонентов; температура, давление и энерготехнологические потенциалы процесса; выход и качество продукта; состав и количество отходов (выбросов, сбросов). В совокупности все это представляет собой информационно-параметрический комплекс, который следует приводить к требуемым нормативам и оптимизировать на основании определенного технологического и физико-химического подхода – с применением методов компьютерного физико-химического моделирования.

Результаты моделирования представляют собой массив компьютерных данных, адекватно описывающих состояние природно-техногенных систем, в которых контролируются входные и выходные параметры технологических процессов, в том числе – состав и количество отходов при максимальном выходе качественного продукта.

Преимущества метода компьютерного моделирования заключаются в том, что он позволяет не только получить определенную информацию о состоянии технологического процесса на этапе проведения балансовых обследований (натурные замеры, инженерные расчеты, моделирование), но и прогнозировать и выработать порядок улучшающих (оптимизирующих) действий и мероприятий. На основе результатов компьютерного моделирования производится разработка экологически безопасных технологий в процессе переработки природного и техногенного сырья и утилизации отходов.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА

А.В. Макшанин, Н.К. Алгебраистова

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Актуальность данной работы заключается в том, что сырьевая база золота истощается, а для освоения новых объектов требуются огромные капитальные вложения. Все чаще разрабатываются месторождения с низким содержанием ценного компонента. В техногенных же месторождениях (лежалые хвосты золотоизвлекательных фабрик, эфелевые отвалы) находится значительное количество золота. Хвостохранилища занимают огромные площади, портят экологическое состояние районов. Обоганительные фабрики являются градообразующими предприятиями, а ряд фабрик прекратили работу из-за отсутствия руды. Таким образом, работа имеет не только научно-практическое, но и социальное, экологическое значение.

Идея работы состоит в том, что эффективность извлечения тонкого труднообогатимого золота может быть повышена, используя технологию агломерационной флокуляции.

Процесс угольно-масляной агломерации является альтернативой существующим методам. По способу извлечения золота из руд и россыпей, разработанному компанией Carbod Pty Ltd, золотосодержащую пульпу перемешивают совместно с углемасляными гранулами, приготовленными из измельченного угля и нефтепродукта [1].

Компанией British oil minerals разработан процесс агломерации золота и угля, предназначенный для переработки упорных золотых, бедных руд и отвальных хвостов. Процесс основан на извлечении гидрофобных частиц золота из водной пульпы в масляную фазу. Предусмотрено смешение измельченного золотосодержащего сырья с собирателем в форме угольно-масляных агломератов (УМА). Золото, заключенное в УМА, затем легко может быть извлечено при флотации [2].

Нами выполнены исследования на убогой по содержанию золота руде одного из месторождений Красноярского края и лежалых хвостах Коммунаровской золотоизвлекательной фабрики.

Руда малосульфидная, содержание золота, по данным пробирного анализа, 1,43 г/т. Наиболее распространенным рудным минералом в пробе является пирит, общее его количество в руде составляет 1–3 %.

Первый этап исследований был направлен на подбор носителя с подходящими физико-химическими свойствами. Предварительно выбраны такие носители как уголь, однокомпонентный пенополиуретановый герметик, эластичный пенополиуретан. Критерии выбора носителя: естественная гидрофобность, развитая поверхность, высокая прочность (для многократного использования в процессе), возможность регенерации. В сравнении с углем пенополиуретан имеет следующие преимущества: легко выдерживает знакопеременные нагрузки, обладает возможностью многократного использования в процессе. Эластичный пенополиуретан обладает хорошими показателями эластичности и воздухопроницаемости, а также сорбционными свойствами.

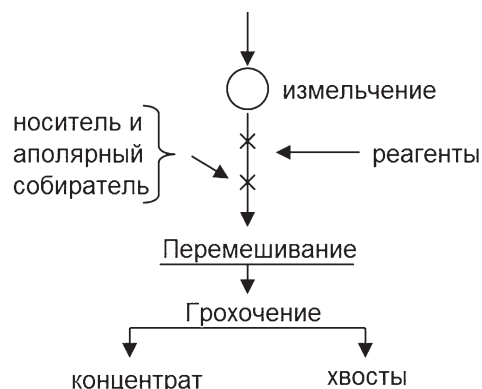


Рис. 1. Схема опытов

Процесс реализовывался при следующих условиях: крупность – 85 % класса –0,074 мм, содержание твердого 50 %, время перемешивания 90 минут, температура 22 °С (комнатная). Используемые реагенты: ксантогенат 100 г/т, медный купорос 40 г/т, трансформаторное масло 1500 г/т, сода 200 г/т.

Эксперименты проводились в лабораторных условиях согласно схеме, представленной на рисунке 1, в пульпу последовательно добавлялись реагенты и носитель, предварительно обработанный аполярным собирателем, с последующим перемешиванием. Полученный продукт отделяют с помощью лабораторного сита. Принципиальная схема опытов представлена на рисунке 1.

В качестве критерия оптимизации процесса принята эффективность (Е), так как оценивать процесс агломерационной флокуляции без учёта степени концентрации металла не корректно:

$$E = \varepsilon - \gamma, \quad (1)$$

где ε – извлечение минерала в концентрат; γ – выход концентрата.

Для выбранных носителей было изучено влияние расхода самого носителя и расхода аполярного собирателя. Расход носителя варьировали от 5000 до 20000 г/т с шагом в 5000 г/т, расход аполярного реагента изменяли от 1000 до 2500 г/т с шагом 500 г/т. При изменении факторов значение критерия оптимизации достигали от 50,03 % до 60,76 %.

Учитывая практику переработки руд цветных металлов [3] и тот факт, что всегда существует эффект сочетания собирателей [4], дальнейшие испытания реагентов проводили постановкой серии опытов на сочетание реагентов с бутиловым ксантогенатом.

Гидрофобизация минеральной поверхности и создание тем самым условий для распространения по ней трехфазного периметра контакта пузырька является основным назначением химической формы закрепления собирателя. Использование в качестве собирателей полярно-аполярных реагентов преследует именно эту цель: нейтрализовать на минеральной поверхности некомпенсированные связи, которые ответственны за взаимодействие ее с дипольными молекулами воды и в то же время за счет аполярной части реагента добиться того, чтобы энергия взаимодействия молекул воды с поверхностью минерала, покрытой углеводородными радикалами собирателя, была бы гораздо меньше энергии взаимодействия молекул воды друг с другом, то есть гидрофобизировать поверхность минерала. В качестве гидрофобизаторов был испытан собиратель ОКТСМ. Выбор этого реагента обусловлен поиском новых высокоэффективных и экологически благоприятных флотационных реагентов. Использовался этот реагент как отдельно, так и в сочетании с ксантогенатом бутиловым. Общий расход реагентов собирателей составлял 100 г/т.

При увеличении доли ОКТСМ в сочетании собирателей приводит к снижению технологических показателей. Возможно это связано с тем, что руда, на которой проводились исследования, хоть и является малосульфидной, но все же значительную часть сульфидов гидрофобизирует именно ксантогенат [5].

Хвосты золотоизвлекательной фабрики Коммунар, работающей по схеме гравитационного обогащения руды с последующим цианированием хвостов гравитации. Массовая доля золота в пробе – 0,3 г/т. Фазовый анализ показал, что золото в исследуемых хвостах связано с кварцем, находится в свободном состоянии, крупное (более 0,01 мм – свыше 65 %), незначительная доля относится к мелкому и тонкодисперсному. Содержание золота, связанного с сульфидами колеблется от 0,5 до 2,3 %. Основными петрогенными компонентами в пробе являются оксиды кремния и алюминия.

На данном типе сырья изучалось влияние на процесс следующих факторов: время перемешивания; температура перемешивания; скорость перемешивания; расход пенополиуретана; расход аполярного собирателя (машинное масло); расход собирателя (ксантогената и тиоациланилид (ТАА)); массовая доля твердого.

Определены оптимальные условия процесса. При данных параметрах получен продукт с массовой долей металла в гранулах 8,19 г/т, при извлечении 74,7 %, то есть $E = 71,96 \%$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» РНП 2.1.2/4741.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bellamy S. R., House C. I., Veal C. J. Gold Forum Technol. And Pract. «World Gold-89»: Proc. 1 st Joint Int. Meet. Between SME and Aus IMM, Reno, New., nov.5–8, 1989. P.375–379.
2. House C., Townsend I., Veal C. Coal gold agglomeration//Int. Minig. 1988.-5, № 9. P.17–19.
3. В. В. Лодейщиков Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2-х томах.-Иркутск: Иргиредмет,1999 г. т. 2.-452 с.
4. Абрамов А. А. Технология обогащения руд цветных металлов. Москва, Недра, 1983
5. Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения: Учебник для вузов.-3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МГГУ.-2008.-710 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОЛЫМЫ ГИДРОФТОРИДОМ АММОНИЯ

В.П. Молчанов¹, Д.Г. Эпов², Г.Ф. Крысенко², М.А. Медков², А.А. Юдаков²

¹ Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Институт химии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, Россия

Интенсивная переработка золотоносных россыпей Центральноколымского региона привела к истощению их первичных запасов. Возрождение золотодобывающей промышленности зависит от освоения нетрадиционных источников – техногенных месторождений. Известно, что применявшиеся при отработке россыпных объектов технологии допускали значительные потери тонких и мелких классов благородного металла. Однако до настоящего времени проблема извлечения золота мелкого и тонкого золота окончательного решения не имеет. Настоящее сообщение посвящено созданию основ фторидной технологии обогащения техногенного материала.

Авторами предложен вариант бифторидной технологии на основе уникального по своим физико-химическим свойствам вещества – гидродифторида (бифторида) аммония. Бифторидные процессы сухие, реакции, которые лежат в их основе, твердофазные или гетерофазные («твёрдое – газ»), твёрдых, жидких и газообразных отходов нет. Теоретический оборот реагента 100 %.

Схема переработки техногенных отходов гидродифторидом аммония основана на физико-химических свойствах фторометаллатов аммония, которые образуются при вскрытии, а затем разделяются за счёт различной летучести или растворимости и переводятся водяным паром в оксиды. Золото и другие благородные металлы с гидродифторидом аммония не взаимодействуют.

Исследование возможности извлечения золота мелких и дисперсных фракций из золотосодержащих техногенных продуктов было проведено на образцах отходов переработки алюмосиликатной и титаномагнетитовой руды.

Опыты проводили в никелевом контейнере, который помещали в реактор с электрообогревом; фтораммониевые соли титана и кремния собирали в двух последовательных сублиматорах: никелевом и фторопластовом. В испарителе оставались нелетучие фториды и непрофторированные компоненты исследуемого продукта, в том числе золото и другие благородные элементы.

Исследование показало, что переработка золотосодержащих техногенных отходов гидродифторидом аммония по разработанной авторами схеме позволяет собрать золото в немагнитных нелетучих остатках и сконцентрировать его в 10–30 раз.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ГРАФИТОНОСНЫХ ПОРОД ТУРГЕНЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Д.Г. Эпов¹, Г.Ф. Крысенко¹, М.А. Медков¹, В.П. Молчанов²

¹ Институт химии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, Россия

² Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН,
г. Владивосток, Россия

В расширении минерально-сырьевого потенциала благородных металлов важнейшее значение приобретает поиск новых нетрадиционных источников полезных ископаемых. К их числу относятся металлоносные высокоуглеродистые метаморфические породы северной части Ханкайского террейна. В качестве уникальных аккумуляторов золота и металлов платиновой группы здесь выступают графитовые руды месторождений Тамгинско-Тургеневской группы. Углеродсодержащие золотые концентраты относятся к упорным видам сырья, в частности, из-за больших потерь реагентов, обусловленных сорбцией последних, и требуют специальных химических методов переработки.

Представляло интерес изучение возможности извлечения полезных компонентов из графитовой руды и в частности исследование распределения золота в процессе предварительного обогатительного передела, а также на различных стадиях химической обработки графитовых пород.

В качестве объектов исследования были выбраны представительные пробы графитовых пород Тургеневского месторождения.

Нейтронно-активационный анализ (НАА), предел измерения которого составляет 1,5 г/т, не указывает на присутствие золота в исходных образцах графитовых пород. Поэтому исходная порода была подвергнута флотационному обогащению.

Исследуемые образцы измельчали до крупности – 0,044 мм, а затем флотировали на лабораторной флотомашине в одну стадию в течение 10–30 мин. В качестве вспенивателя использовали сосновое масло, а в качестве собирателя – длинноцепочечный амин. Полученный после флотации пенный продукт по данным НАА не содержит золота, а содержание золота в камерном продукте составило 2 г/т.

Учитывая многолетние успешные исследования в области фторидных технологий, для переработки золотосодержащих графитовых пород предложен вариант бифторидной технологии на основе уникального по своим физико-химическим свойствам вещества – гидрофторида аммония, которому присущи высокая эффективность и безопасность и для которого существуют простые схемы регенерации. Бифторидные процессы сухие, реакции, которые лежат в их основе, твердофазные или гетерофазные («твёрдое – газ»), твёрдых, жидких и газообразных отходов нет. Схема переработки руды гидрофторидом аммония основана на физико-химических свойствах фторометаллатов аммония, которые образуются при вскрытии руды, а затем разделяются за счёт различной летучести или растворимости и переводятся водяным паром в оксиды. Золото и другие благородные металлы с гидрофторидом аммония не взаимодействуют.

Флотационный камерный продукт фторировали гидрофторидом аммония при нагревании до 450 °С со скоростью 2 град/мин. В результате этой операции в газовую фазу переходили гексафторосиликат аммония и фтористый аммоний, которые затем улавливали в сублиматоре. Нелетучий остаток повторно фторировали при температуре 200 °С и образовавшиеся фтораммониевые соли железа и алюминия выщелачивали водой. В результате проведенной обработки золото концентрировалось в нерастворимом остатке, масса которого составила – 12 % от исходного образца. Содержание Au в осадке – 21 г/т.

Обработка полученного нерастворимого остатка плавиковой кислотой позволяет получить сыпучий продукт, в котором видны отдельные фрагменты самородного золота размером 200–450 мкм.

АМИНОМЕТИЛИРОВАННЫЕ ЛИГНИНЫ КАК РЕАГЕНТЫ-ДЕПРЕССОРЫ НЕРУДНЫХ МИНЕРАЛОВ ПРИ ФЛОТАЦИОННОМ ОБОГАЩЕНИИ ВКРАПЛЕННЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД

Л.И. Тимошенко¹, Л.А. Опарина², В.Г. Самойлов¹, С.М. Маркосян¹, Б.А. Трофимов²

¹ Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, Россия

² Иркутский институт химии СО РАН, г. Иркутск, Россия

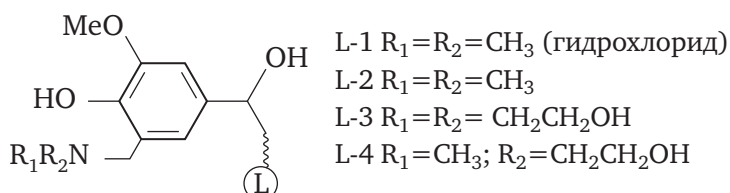
Последние данные о структуре запасов промышленных типов сульфидных медно-никелевых руд норильских месторождений свидетельствует о том, что доля вкрапленных руд составляет 84%, богатых – 9% и 7% – составляют медистые руды [1]. В перспективе доля вкрапленных руд в общем объеме переработки промышленных типов медно-никелевых Норильских руд будет возрастать.

Концентраты, получаемые при обогащении вкрапленных руд, отличаются невысоким содержанием ценных компонентов, существенно разубожены тугоплавкими минералами пустой породы.

В связи с этим, одной из актуальных задач в процессе переработки указанных руд является отыскание и применение депрессоров пустой породы при их флотационном обогащении.

Для подавления флотоактивности силикатной породы известно применение таких депрессоров как карбоксиметилцеллюлоза, карбосульфит и карботионосльфат, тринарийфосфат, декстрин, крахмал, жидкое стекло, лигносульфонаты и др. [2,3].

Нами исследована возможность использования в качестве реагентов-депрессоров пустой породы при флотации вкрапленных руд месторождения Норильск-1 аминометилированных лигнинов (L-1 – L-4) с общей структурой, отличающихся заместителями в фенилпропановом структурном звене.



Реагенты получены в ИриХ СО РАН по реакции Манниха из вторичных аминов, формальдегида и сульфатного лигнина, выделенного из черного щелока Байкальского ЦБК.

Показано, что использование аминометилированных лигнинов в качестве депрессоров пустой породы в перемешивной операции коллективной флотации вкрапленной руды месторождения Норильск-1 позволяет повысить извлечение никеля в коллективный концентрат от 4,26 до 7,77% (для разных лигнинов), меди – от 7,03 до 12,58%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябикин В. А., Торгашин А. С., Шкляр Г. К., Осипов Р. А. Вкрапленные руды норильских медно-никелевых месторождений – перспективный источник платинометаллического сырья // Цветные металлы. 2007. № 7. С. 16–21.
2. Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения. М.: Недра. 1984. 378 с.
3. Эйгелес М. А. Реагенты-регуляторы во флотационном процессе. М.: Недра. 1977. 216 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ КАРБОНАТОВ КАЛЬЦИЯ В КАЧЕСТВЕ КОЛЛЕКТОРА ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Е.Н. Меркулова¹, А.М. Жижаев¹, М.А. Чугуевская²

¹ Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, Россия

² ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Одним из существенных источников загрязнения окружающей среды является горнопромышленное производство, сопряженное с образованием значительных количеств твердых и жидких отходов. Полигоны под хранение техногенных продуктов приводят к увеличению площади нарушенных земель и требуют дополнительных капитальных и материальных затрат для их поддержания. Отходы горнорудного производства при взаимодействии с грунтовыми и поверхностными сезонными водами становятся источником кислых дренажных стоков с высокими концентрациями токсичных элементов (Cu, Zn, Pb и др.) [1].

Растворимые формы тяжелых цветных металлов не только оказывают отрицательное воздействие на объекты окружающей среды, но и приводят к рассеянию ценных компонентов и значительным экономическим потерям. При обогащении руд теряется до 5% меди, молибдена, свинца; до 25% цинка и никеля; до 40% кобальта [1]. Сульфиды этих элементов подвержены кислородной эрозии в процессе хранения под действием окислительного потенциала окружающей среды. В производственной практике для удаления тяжелых цветных металлов из сточных вод используют гидролитические методы, заключающиеся в осаждении гидрооксидов при добавлении щелочей (каустической или кальцинированной соды). Достоинство данного метода – в его простоте, однако, образующиеся сильногидратированные осадки плохо фильтруются и требуют дополнительных затрат на хранение из-за возможной кислотной эрозии. Сорбционные методы очистки эффективны для растворов с малыми концентрациями, но ограничиваются низкой емкостью сорбентов. В результате образуются большие объемы осадков с низкими содержаниями металлов, исключающими их вторичное использование. Ввиду высокой стоимости реагентов большой интерес представляет использование для очистки сточных вод отходов производства (шлаки, золы), или природного сырья (торфы, цеолиты, глины). Пониженная эффективность данных материалов окупается их относительной дешевизной и доступностью.

Перспективным материалом для очистки дренажных стоков являются природные карбонаты кальция в связи с их широкой распространенностью и низкой стоимостью. Кальцит активно реагирует с кислыми растворами, имеет высокую емкость и фильтрационную способность. Его применение приводит к получению осадков минимального объема за счет частичного или полного растворения карбонатной матрицы. Таким образом, кальцит выступает в роли коллектора, концентрирующего тяжелые цветные металлы до содержаний экономически приемлемых для переработки на современном технологическом уровне.

В системах очистки активного типа кислотный дренаж нейтрализуют щелочными реагентами (известь, каустическая сода, зола). Эти системы надежны и эффективны, если их регулярно контролировать и поддерживать, но для заброшенных горных объектов и стихийных полигонов регулярная эксплуатация невозможна. В этих условиях более приемлемы пассивные очистные системы, основанные на природных закономерностях очистки гидросистем. Помимо прудов накопителей в качестве таких систем могут быть использованы дренажные каналы, полностью заполненные известняком или с фильтрующей подушкой из известняка. Несмотря на простоту проектирования и сооружения системы пассивного типа характеризуются длительной автономной эксплуатацией (до 20 лет) с нейтрализацией 9,9–22,2 т кислоты в год со средней стоимостью 83–138 \$/т/г [2].

При взаимодействии известняка с кислыми дренажными стоками кроме регулирования кислотности отмечается снижение концентрации токсичных примесей в дренажных водах за счет, как предполагается, соосаждения с гидрооксидами или основными

сульфатами железа и алюминия. В то же время произведения растворимости карбонатов тяжелых цветных металлов имеют достаточно низкие значения (для CuCO_3 , ZnCO_3 , PbCO_3 – $2,5 \times 10^{-10}$, $1,45 \times 10^{-11}$, $7,5 \times 10^{-14}$, соответственно), следовательно, возможно образование целого ряда малорастворимых соединений. Для оценки эффективности коллектирования элементов на природных карбонатах кальция необходимы ясные представления о механизме их осаждения из сточных вод. Настоящая работа посвящена уточнению химизма сорбции свинца, меди и цинка в данных гетерогенных системах. В экспериментах использовали модельные сульфатные растворы меди и цинка, а также раствор нитрата свинца с концентрацией до 1 г/л. Для осаждения применяли известняк, по данным рентгенофазового анализа представленный практически чистым кальцитом. Время контакта раствора с твердой фазой варьировало от 4 минут до 30 часов.

Наиболее эффективно в модельных условиях осаждается свинец (рис. 1). Степень очистки раствора уже в первую минуту осаждения превышает 99%. Через четыре минуты его остаточная концентрация не превышает 0,1–0,05 мг/л, а через 10 минут проведения опыта свинец в растворе практически отсутствует.

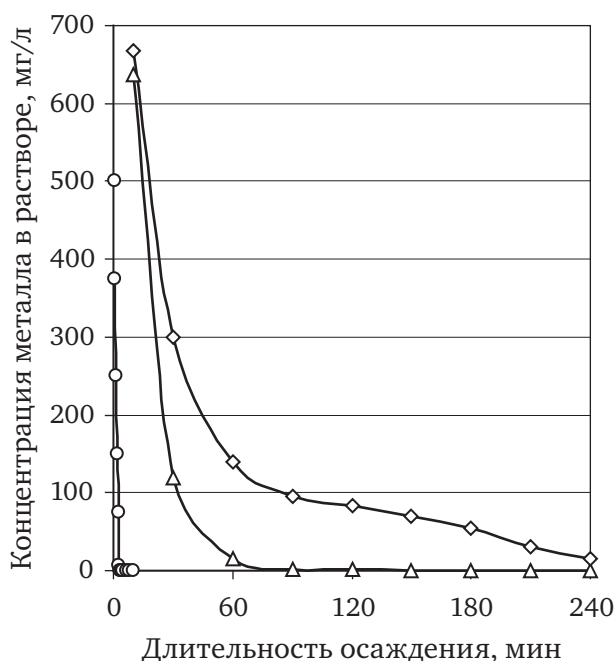


Рис. 1. Кинетика осаждения свинца (о), меди (Δ) и цинка (◇) из модельных растворов на известняке

Менее эффективно в данных условиях осаждение меди. Степень очистки более 99% достигается только в течение первого часа. Остаточные концентрации меди постепенно понижаются до 0,1–0,4 мг/л в течение следующих 1,5 часов (рис. 1). Скорость осаждения меди из сульфатных растворов практически не зависит от количества осадителя.

Осаждение цинка в данных условиях идет очень медленно на фоне меди и тем более свинца. Остаточная концентрация менее 50 мг/л устанавливается только в течение четырех часов. Для достижения уровня менее 10 мг/л требуется более суток. Полной очистки до ПДК не происходит.

По данным рентгеновской дифракции, различная скорость сорбции металлов на известняке обусловлена различным составом образующихся в процессе взаимодействия минеральных фаз.

Теоретически ионы цветных металлов взаимодействуют с карбонатом кальция, по обменной реакции вытесняя кальций из его структуры с образованием карбонатов или гидрокарбонатов [3]. Поскольку произведения растворимости для большинства карбонатов цветных металлов меньше $\text{PR}_{\text{CaCO}_3}$ ($3,8 \times 10^{-9}$), то на поверхности частиц карбоната кальция происходит замена Ca^{2+} на Me^{2+} . Из исследованных элементов по такой схеме идет формирование осадков только для свинца, имеющего меньшее на 3–4 порядка произведение растворимости. Образуется предсказанный теорией карбонат свин-

ца – церуссит ($PbCO_3$). Простой химизм осаждения снимает кинетические затруднения, поэтому очистка растворов от свинца протекает быстро, с образованием хорошо окристаллизованной твердой фазы. Содержание свинца в подобных осадках может достигать более 70 %.

Согласно литературным данным Cu^{2+} фиксируется на кальците в виде гидроксида (адсорбция) или в виде основных карбонатов (малахит ($Cu_2(OH)_2CO_3$) либо азурит ($Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$)). Что подтверждается термодинамическими расчетами возможности образования и устойчивости фаз в данных условиях. Однако основных карбонатов меди в полученных осадках не обнаружено. На дифрактограммах помимо карбоната кальция отчетливо фиксируются пики, соответствующие основному сульфату меди – познякиту ($CuSO_4 \cdot (OH)_6 \cdot H_2O$). Таким образом, осаждение меди из сульфатных растворов на природном карбонате кальция протекает с образованием основных сульфатов меди (брошантит, познякит). Кинетические затруднения при кристаллизации сложных слоистых структур замедляет очистку растворов от меди, но при достаточном времени контакта достигается достаточная глубина иммобилизации. При длительной эксплуатации известнякового геохимического барьера из растворов с концентрацией 0,1–1 г/л получены осадки с содержанием меди 30–34 %.

Цинк фиксируется в виде основного карбоната цинка – гидроцинкита ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$). Низкая концентрация карбонат- и гидроксидионов не позволяет провести очистку растворов до уровня питьевой ПДК. Однако концентрирование цинка в осадке в проточных системах достигает более 50 %.

Результаты исследований показали целесообразность и эффективность использования природных карбонатов кальция (известняка, мрамора, доломита) в качестве коллектора тяжелых цветных металлов для экологической реабилитации кислых токсичных стоков (шахтных вод и дренажных вод хвостохранилищ, промывных вод полигонов промышленных отходов). Геохимические карбонатные барьеры могут быть организованы в виде пассивных очистных систем непосредственно в местах складирования. Долговременная эксплуатация позволяет получать продукты осаждения с высокой концентрацией тяжелых цветных металлов (до нескольких десятков процентов). Отработанный материал барьера заменяется свежими карбонатсодержащими породами и может быть переработан на действующих металлургических предприятиях, без внесения существенных изменений в технологию по пиро- или гидрометаллургическим схемам.

Использование карбонатных пород в качестве дешевого и эффективного природного минерального сырья при разработке технологий по очистке кислых дренажных стоков от тяжелых цветных металлов сокращает затраты на поддержание отвалов и хвостохранилищ и позволяет доизвлечь ценные компоненты во вторичное техногенное сырье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чантурия, В. А., Макаров В. Н., Макаров Д. В.. Экологические и технологические проблемы переработки техногенного сульфидсодержащего сырья. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2005. – 218 с.
2. Ziemkiewicz P. F., Skousen J. G., Simmons J. Long- term Performance of Passive acid Mine Drainage Treatment Systems//Mine water and the Environment. – 2003. – № 22. – P.118–129.
3. Гудзь Н. Я., Максин В. И. Карбонаты щелочно-земельных металлов и магния в процессах водоочистки//Химия и технология воды. – 1991. – № 5. – С. 428–436.

БИОДОБАВКИ ПРИ СЕЛЕКЦИИ СУЛЬФИДНЫХ КОЛЛЕКТИВНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

А.В. Развязная¹, Н.К. Алгебраистова¹, Ю.Л. Гуревич², М.И. Термова²,
Е.Г. Бездубная²

¹ ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

² Международный научный центр исследований экстремальных состояний организма
КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

Разделение коллективных концентратов – основная проблема при обогащении полиметаллических руд. Особенно актуальна она при селекции медно-молибденовых концентратов. Чем больше меди в концентрате представлено вторичными сульфидами, выше степень окисленности минералов, больше сильного собирателя на поверхности минералов исходного концентрата, тем труднее получить высокие технологические показатели [1].

Эффективность процесса селекции концентратов в значительной степени определяется состоянием поверхности разделяемых минералов [2].

В коллективном цикле обогащения дозируются собиратели, которые нивелируют состояние поверхности сульфидов. Перед циклом селекции с поверхности минералов необходимо удалять плёнку адсорбированных собирателей экологически вредными реагентами и (или) тепловой обработкой.

Однако известные способы селекции не лишены ряда недостатков:

- снижение скорости флотации сульфидов в сильноизвестковой среде и значительные потери его с камерным продуктом;
- невозможность достижения эффективной депрессии сульфидов, особенно шламистого, даже при высокой щелочности пульпы;
- частичная депрессия благородных металлов;
- высокие энергетические затраты на подогрев пульпы;
- высокий расход вредных для здоровья людей, экологически не безопасных реагентов сернистого натрия (от 5 до 20 кг), цианидов (50–200 г/т);
- нестабильность процесса селективной флотации;
- неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда.

С изменением цен на энергоносители и флотореагенты получение кондиционных концентратов, особенно при низких содержаниях металлов, становится нерентабельным [3]. В связи с этим возрастает необходимость разработки новых способов разделения коллективных концентратов.

Одним из возможных путей интенсификации процесса селекции служит нетрадиционный способ микробиологического воздействия на поверхность разделяемых сульфидов. Способность бактерий, селективно выделенных на питательной среде аналогичного состава, деградировать собиратели (ксантогенаты) служит предпосылкой для успешного использования их в циклах селекции коллективных концентратов [4].

Цель исследований – оценка возможности десорбции ксантогената бактериями с поверхности коллективного медно-молибденового концентрата.

Объект исследования – минералы меди и молибдена, входящие в состав коллективного концентрата Сорского ферромолибденового завода.

В качестве микроорганизмов-десорбентов предлагается использовать культуру, селективно выделенную из хвостохранилища обогатительной фабрики изучаемого типа руд.

Для экспериментов использовали культуру бактерий, селективно выделенных на питательной среде с сульфидрильным собирателем – ксантогенатом. Для обработки руды и концентрата бактерии выращивали на минеральной среде следующего состава (в г/л): NH_4Cl – 1,5; K_2HPO_4 – 0,5; MgSO_4 – 0,2; глюкоза – 1,0; ксантогенат – 0,2–0,7.

В работе исследовалось воздействие культуры бактерий, их клеток и метаболитов на процесс флотации сульфидов меди и молибдена.

Влияние культуры микроорганизмов изучалось при варьировании следующих факторов: титр и продолжительность культивирования бактерий, время контакта.

Показано (рис. 1), что увеличение расхода микроорганизмов приводит к снижению извлечения минералов в пенный продукт. При титре равном $6 \cdot 10^7$ кл/мл извлечение сульфидов меди уменьшается практически в два раза (с 60 % до 25 %), в то время как флотационные свойства молибденита остаются практически неизменными (извлечение снижается с 85 % до 81 %). С увеличением титра культуры бактерий до $6 \cdot 10^8$ кл/мл извлечение медных минералов снижается на 50 %, а молибденовых – на 35 %.

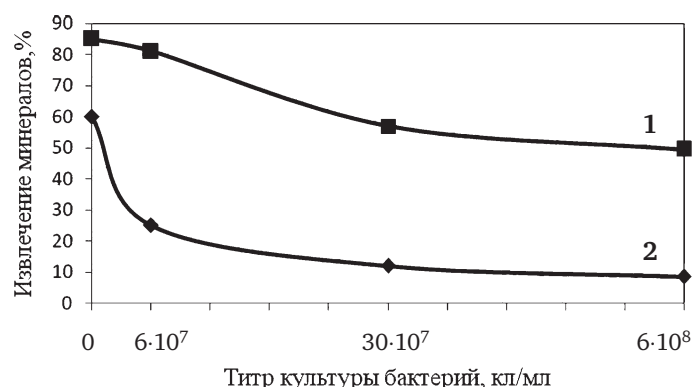


Рис. 1. Зависимость извлечения медных и молибденовых сульфидов от расхода культуры бактерий:
1 – флотация молибденита; 2 – флотация медных минералов

Зависимость флотируемости минералов от времени культивирования бактерий показана на рисунке 2.

Как видно, наибольшая гидрофилизация медных сульфидов достигается при времени культивирования равном двое суток и титре культуры $6 \cdot 10^7$ кл/мл, извлечение снижается с 60 % до 10 % уже в первые минуты контакта с бактериями. Поведение молибденита от подачи во флотационный процесс культуры практически не изменяется.

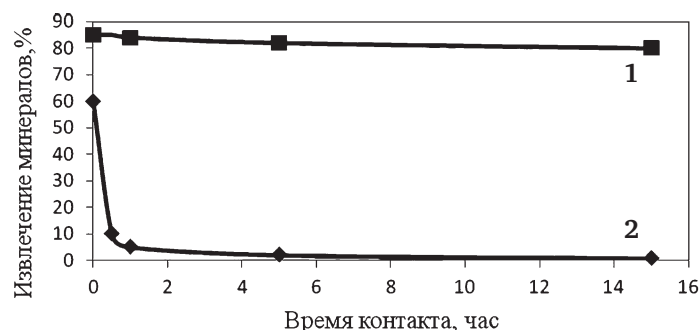


Рис. 2. Зависимость извлечения медных и молибденовых сульфидов от времени взаимодействия с бактериями из двухсуточной культуры:
1 – флотация молибденита; 2 – флотация медных минералов

Исследовано влияние метаболитов и клеток бактерий на процесс флотации медных и молибденовых сульфидов (рис. 3). Результаты проведенных экспериментов показали, что дозирование продуктов жизнедеятельности бактерий и самих клеток при расходе равном 10 мл и $6 \cdot 10^7$ кл/мл соответственно, приводит к снижению выхода медного пенного продукта в первом случае до 36 %, а во втором до 22 %. Выход пенного продукта минералов молибдена не изменяется.

Сравнительный анализ результатов, полученных при исследовании влияния метаболитов, клеток и бактерий из двухсуточной культуры, на флотацию медных и молибденовых минералов показал, что наибольшее снижение флотационных свойств сульфидов меди в первые минуты контакта достигается при внесении в пульпу культуральной жидкости, т. е. бактерий вместе с внеклеточными продуктами метаболизма.

С целью определения свойств поверхностей сульфидов меди и молибдена до и после бактериальной обработки выполнены эксперименты по измерению краевого угла смачивания.

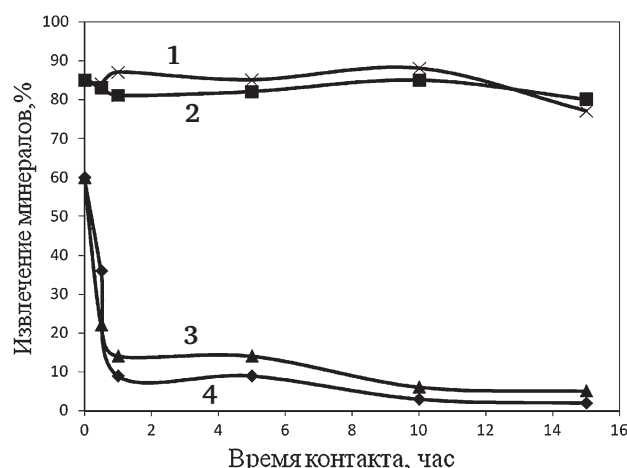


Рис. 3. Зависимость извлечения минералов меди и молибдена от времени взаимодействия с метаболитами и клетками бактерий:

- 1 – флотация молибденита с клетками бактерий;
- 2 – флотация молибденита с метаболитами;
- 3 – флотация медных минералов с клетками бактерий;
- 4 – флотация минералов меди с метаболитами

Изучение краевого угла смачивания до и после обработки поверхности шлифа культурой бактерий показало повышение гидрофильности сульфидов (угол изменялся в среднем для изучаемых минералов от 61 до 42°). Эффект гидрофилизации наблюдался уже в первые минуты контакта.

Таким образом, использование бактерий в качестве десорбента ксантогената с поверхности медных минералов в цикле селекции коллективного медно-молибденового концентрата является перспективным.

Работа выполнена при финансовой поддержке Целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» РНП 2.1.2/4741.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов/А.А. Абрамов.- в 2 кн.-М.: МГГУ, 2007.
2. Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения/А.А. Абрамов.-М.: Недра, 1984.-383 с.
3. Асончик, К.М. Исследования по совершенствованию технологии обогащения на медной обогатительной фабрике Алмалыкского ГМК/К.М. Асончик, А.Н. Чаплыгин [и др].//Обогащ. руд.-2001.- № 2.-С. 23–26.
4. Chockalingam Evvie. Studies on biodegradation of organic flotation collectors using *Bacillus polymyxa*/Chockalingam Evvie, S. Subranianinn, K.A. Natarajan//Bioremediation Journal. –2003.-№ 2.- P. 249–256.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВОСХОДЯЩЕГО КАПИЛЛЯРНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ В ХВОСТАХ ОБОГАЩЕНИЯ

А.Г. Михайлов, М.Ю. Харитонова, И.И. Вашлаев

Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, Россия

Отвалы хвостов обогащения подвергаются воздействию атмосферных осадков, гравитационных вод. В результате происходит изменение их первоначального вещества, а цветные и благородные металлы становятся подвижными и мигрируют с водотоками, и в контуре хвостохранилищ, и за его пределами. Изучение этих процессов важно как с научной точки зрения, так и с практической – для решения вопроса повторной переработки отвалов. Особый интерес, как источник сырья, представляют накопленные за десятки лет отработки отходы горно-металлургического комбината Норильского промрайона: хвосты обогащения сульфидных медно-никелевых руд. Для того, чтобы разработать технологические методы извлечения полезных компонентов из минеральных отходов переработки руд, необходимо решение ряда взаимосвязанных задач. Так, необходимо изучить физические и химические свойства хвостов обогащения, понять механизмы геохимических изменений, происходящих при перемещении в них растворов, изучить и описать математически физическую основу процесса.

В этой статье мы предлагаем весьма интересные результаты лабораторного моделирования, с помощью которого был исследован процесс капиллярного восходящего движения раствора в массиве хвостов обогащения медно-никелевых руд. В качестве объекта исследований использованы лежалые отвальные хвосты Норильской обогатительной фабрики, складированные в долине р. Щучья. Задача наших исследований состоит в изучении возможности перевода благородных металлов, содержащихся в отвалах, в водный раствор, создание и реализация на этой основе инфильтрационной технологии извлечения ценных компонентов из техногенного сырья.

Объект исследования

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что проба представлена, в основном, пороодообразующими минералами – алюмосиликаты (мусковит, иллит, серпентин, акагенит), кварц. Из рудных минералов присутствуют пирротин, хромит; в подчиненном количестве халькопирит, гипс; изредка кальцит, брусит, пентландит. Содержание сульфидных минералов достигает 10%. По внешнему виду хвосты обогащения представляют собой песок серого цвета, основная фракция лежит в интервале 0,1–0 мм. (табл. 1). Плотность частиц породы составляет 2,42 т/м³, объемный вес 1,47 т/м³.

В пробе хвостов обогащения содержится (%): Ni 0,39, Cu 0,34, Co 0,019, металлы группы платины (табл. 2). Минералогический анализ показал, что доля свободного золота составляет 10–15% от общего его содержания и находится в сростках с сульфидами. Платина, палладий, золото ассоциируются в основном с сульфидными минералами. Медь, никель, кобальт находятся в виде сульфидов, вкрапленных в алюмосиликатные породы.

Гранулометрический состав пробы

Таблица 1

Класс крупности, мм	От, мм	До, мм	Средняя, мм	Выход, г	%
-5+1	2	1	1,5	18,3	1,67
-1+0,5	1	0,5	0,75	69	6,28
-0,5+0,2	0,5	0,2	0,35	113,5	10,34
-0,2+0,125	0,2	0,125	0,1625	125,3	11,41
-0,125+0,1	0,125	0,1	0,1125	221,8	20,20
-0,1+0,063	0,1	0,063	0,0815	170,8	15,56
-0,063	0,063	0	0,0315	379,3	34,54
ВСЕГО				1098	100

В качестве рабочего раствора использовали дистиллированную воду с $\text{pH} \sim 7,0$. Этим моделировали процесс, происходящий в хвостохранилище, в котором нижний слой отходов контактирует с грунтовой или дождевой водой.

Таблица 2

Содержание полезных компонентов в исходном продукте

Продукт	Cu, %	Ni, %	Co, %	Fe, %	Mg, %	Pt, г/т	Pd, г/т	Au, г/т
Р. Щучья	0,34	0,39	0,019	13,13	3,69	1,3	3,1	0,23

Лабораторный эксперимент

Методика проведения экспериментов состояла в следующем. Для проведения эксперимента был создан лабораторный стенд. Отходы обогащения руд объемом 5500 см^3 были помещены в цилиндрическую колонку. Снизу в колонку подавалась вода. Емкость снабжена трубками, которые позволяли отбирать пробы контактного раствора, профильтрованного через слой твердой фазы, различной толщины (17, 40, 63 см). Опыт продолжался в течение 2 месяцев, и за это время было пропущено 6 л воды, ежедневно через отводы отбирали пробы контактного раствора и определяли его химический состав на масс-спектрометре Agilent 7500 IGP-MS Chem.Station (G1834 B) и кислотность с помощью pH-метра S20. В растворе контролировали содержание Cu, Ni, Co, Fe, Mg, Pt, Pd, Au.

С помощью такого эксперимента были исследованы закономерности прохождения раствора через слой отходов, поведение отдельных компонентов раствора, исследованы особенности движения раствора, распределение влажности в зоне капиллярной каймы.

Экспериментально по распределению влажности в зоне капиллярной каймы была получена зависимость всасывающего давления (ψ) исследуемой породы от влажности (W):

$$\psi = -6,88 \cdot 10^5 \cdot \exp(-0,3928 \cdot W). \quad (1)$$

Для нас эта зависимость очень важна, поскольку является показателем свободной энергии грунтовой влаги и характеризует давление, с помощью которого можно «отрывать» воду из почвы. Она успешно использовалась в дальнейших расчетах нестационарного влагопереноса. При этом мы учитывали, что просачивания воды вверх и вытеснение заземленного воздуха из пор происходит достаточно неравномерно. Это значит, что и параметры влагопереноса будут иметь значительную пространственную изменчивость и для точного лабораторного определения параметров требуется проведение большого количества опытов (порядка десятков), что и было выполнено. Для подтверждения полученной эмпирической зависимости связь между влажностью и всасывающим давлением определили также по существующим моделям, рекомендованным в текущей литературе. Вид их различен, мы использовали зависимость В. Гарднера для супесей и глинистых песков [1]: $K = K_\phi \exp(-\beta \sqrt{\psi})$ (для параметра β использовали регрессионную зависимость: $\beta = 0,95 \cdot \text{Lg } K_\phi$). А также простую и удобную экспоненциальную зависимость вида $\psi = -h_k \cdot \text{Ln } W$. Здесь высота капиллярного поднятия (h_k) определяется по данным механического состава породы по уравнению Лапласа, которое связывает высоту капиллярного поднятия с коэффициентом поверхностного натяжения σ и плотностью жидкости ρ :

$h_k = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \varphi}{R_k \cdot g \cdot \rho_w}$, где R_k – радиус капилляра, g – ускорение свободного падения, φ – угол смачивания, ρ_w – плотность воды. При определении радиуса капилляра (R_k) условно считали частицы породы круглыми: $R_k = d_s \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho}{8 \cdot \rho_n}} - \frac{d_s}{2}$, где d_s – эффективный диаметр

частицы, ρ – плотность частицы грунта, ρ_n – насыпная плотность грунта. Определение эффективного размера частиц d_s осуществлено по формуле [2]: $\frac{1}{d_s} = \sum_{i=1}^r \frac{g_i}{d_i}$, где g_i – удельное содержание i -той фракции (в д. е. от общего содержания), d_i – средний диаметр зерен i -той фракции, r – количество фракций. Таким образом, были получены значения эффективного диаметра частицы 0,0634 мм, радиуса капилляров 0,006 мм. Эти величины приближенно отражают реальную структуру исследуемого материала и использованы в дальнейших теоретических расчетах.

Сравнение нашей зависимости (1) с зависимостями, полученными с применением эмпирических формул, в целом показали хорошее совпадение, однако имеются значительные расхождения в области малых влажностей. Так, например, высота всасывания

для данной породы по проведенным опытам при влажности 20 % равна 25 см, по существующим моделям 4 см и 12 см. Эти расхождения не означают ошибку в измерениях, их можно объяснить общим характером рекомендованных зависимостей, которые получены из теоретических соображений и анализа большого количества экспериментального материала. Для исследуемого материала с данным строением порового пространства нам удалось экспериментально установить более точную зависимость всасывающего давления от влажности, чем те, которые получаются при расчете по существующим моделям.

В результате проведения эксперимента установлено распределение влажности в зоне капиллярной каймы (рис. 1). На поверхности материала влажность породы составляла порядка 20 %. При этом максимальная влагоемкость исследуемого материала 30,3 %, гигроскопическая 1,5 %.

Для того, чтобы эффективно извлекать раствор из породы, возникла необходимость найти способ повышения влажности образца материала. Также в процессе проведения эксперимента встала задача отбирать пробы контактного раствора не только из отводов, но и с поверхности образца. Эти задачи вызвали некоторую техническую трудность – вода поднимается и заполняет породу в колонне полностью, однако на выходе из образца вытекать она не будет: в ненасыщенном пористом материале воду удерживают те самые силы поверхностного натяжения, которые втянули ее в капилляры. Для повышения влажности материала и для того, чтобы извлечь поровый раствор с поверхности породы, было найдено интересное решение – использовали свойство воды втягиваться в капилляры тем сильнее, чем меньше радиус капилляров. Для этого разместили над породой гигроскопический слой, образно говоря «насос», представляющий собой цилиндр диаметром 10 см и толщиной 3 см, изготовленный из материала микрофибры. Капилляры в микрофibre тоньше, чем в породе, поэтому вода заполняет «насос» и легко, путем выжимания отбирается для анализов.

Также, устанавливая сверху гигроскопический слой из микрофибры, можно добиться повышения влажности при известной высоте всасывания за счет разности давлений в капиллярах породы и микрофибры: $\Delta p = 2\sigma\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$, где r_1 и r_2 – радиусы капилляров породы и микрофибры. В нашем случае разность давлений составила 23205 Па. При применении «насоса» удалось получить более высокую влажность исследуемого материала (рис. 1). Количество извлеченной таким образом воды зависит от влажности породы. В условиях проводимого опыта гигроскопический слой удерживал до 180 г раствора.

Переход в раствор Cu, Co, Ni

Степень перехода в раствор ионов меди, кобальта и никеля низкая. Cu – до 0,05 %, Co – до 0,6 %, Ni – до 0,11 %. Это объясняется тем, что высокая подвижность ионов большинства цветных металлов наблюдается в кислой или слабокислой среде, а в условиях эксперимента значительные изменения кислотности не наблюдалось. В практически нейтральной водной фазе минеральной среды миграционные формы меди, никеля и кобальта очень низкие. Установлено, что с увеличением времени фильтрации воды в колонке происходит возрастание содержания в растворах меди, кобальта и никеля.

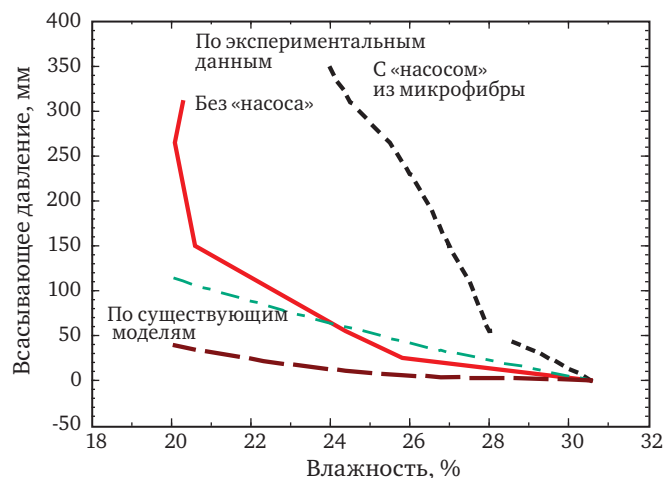


Рис. 1. Зависимость всасывающего давления от влажности в зоне капиллярной каймы

Переход в раствор Pd, Pt и Au

Установлено, что при капиллярном восходящем движении воды через слой хвостов обогащения происходит частичное растворение благородных металлов и переход их в раствор: золота и платины – до 0,0006 мг/л, палладия – до 0,018 мг/л. Максимальное содержание Au в растворе наблюдалось на 5–7 день активации, Pt и Pd на 2–3 день. В дальнейшем происходит уменьшение концентрации компонентов в растворе. Для палладия, золота и платины наблюдается выраженная зависимость степени перехода металла в раствор от толщины фильтрующего слоя: чем толще слой, тем меньше металла в растворе. Причины этого пока не установлены. Возможно, это происходит из-за переосаждения из раствора палладия, платины и золота на вторичной твердой фазе.

Мы проделали только часть работы, но уже сейчас полученные в результате эксперимента сведения позволили представить в целом инфильтрационную технологию для извлечения полезных компонентов из техногенных залежей с использованием гигроскопического слоя (рис. 2). Суть ее, кратко, заключается в следующем: раствор по скважинам закачивается в массив хвостохранилища, поднимается вверх по капиллярам, растворяет ценные компоненты, проходит через геохимический барьер и накапливается в гигроскопическом материале. Продукционный раствор после отжатия направляется на переработку.

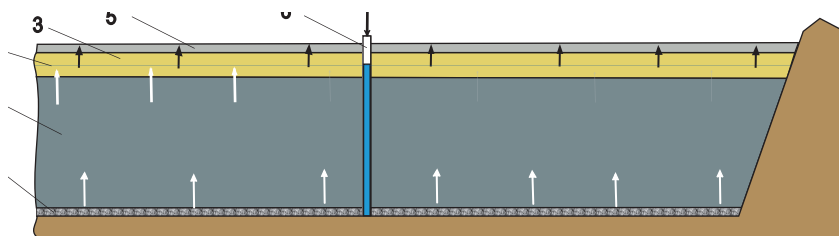


Рис. 2. Технология инфильтрационного извлечения полезных компонентов из хвостов обогащения с использованием гигроскопического слоя: 1 – массив; 2 – дренажное основание; 3 – геохимический барьер; 4 – уровень заполнения; 5 – гигроскопический слой; 6 – подача растворов и поддержание уровня

Вместе с тем при детальном рассмотрении этой проблемы возникает немало вопросов и сейчас еще говорить о практическом применении рано. Например, необходимо добиться содержания компонентов в растворе, достаточного для промышленного извлечения. Каким образом извлекать содержащиеся в растворе полезные компоненты? Какова кинетика процесса прохождения раствора через слой отходов? И другие вопросы, которые еще ждут своего решения. Наша работа в этом направлении продолжается, и мы надеемся, что будущие исследования дадут ключ к решению этих вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Чайлдс. Физические основы гидрологии почв. Л: Гидрометеиздат, 1973. – с. 426
2. В. М. Шестаков. Гидрогеодинамика. – 3-е изд. - М: Изд-во МГУ, 1995. – с. 368.

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В.Е. Кисляков, Д.А. Лакин

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Актуальность по вопросу освоения минеральных ресурсов арктического континентального шельфа сейчас уже ни у кого не вызывает сомнения. В соответствии с основами государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования (распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2003 г. № 494-р) обеспечение воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации является главной задачей отрасли. В решении Совета Безопасности Российской Федерации от 28 марта 2001 г. «О сырьевой безопасности России в XXI веке» отмечена актуальность разворота исследований ресурсного потенциала российской Арктики, включая шельф и острова, – слабоизученный и весьма перспективный регион на обнаружение крупных и уникальных месторождений полезных ископаемых. Это отражено также в «Морской доктрине Российской Федерации на период до 2020 года» и в подпрограмме «Минерально-сырьевые ресурсы» ФЦП «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 годы)» [1].

Российский арктический шельф площадью 6,3 млн км² обладает колоссальными ресурсами газа, газового конденсата и нефти, но не стоит оставлять без внимания и твёрдые полезные ископаемые, которые так же играют для нашей страны немаловажную роль по вопросу увеличения ресурсной базы.

По данным В.Д. Каминского (ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга»), в России по зоне континентального шельфа в плане разведочных скважин складывается следующая ситуация.

Таблица 1

Количество разведочных скважин, расположенных на шельфе России

Название	Количество разведочных скважин, шт.
Баренцево и Печорское моря	51
Карское море	19
Берингово море	1
Охотское и Японское моря	90

Шельф остаётся неизученным, а ведь роль Арктики в балансе ресурсов полезных ископаемых Российской Федерации занимает не последнее место. Например:

алмазы – 98 %; жильный кварц – 90 %; никель и кобальт – 90 %;
нефелиновые руды – 80 %; алюминий – 75 %; горючие (газ, нефть) – 70 %;
ртуть – 70 %; медь – 60 %; горючие сланцы – 58 %; олово – 55 %;
каменный уголь – 32 %; титан – 12 %.

Таблица 2

Структура ресурсов главных полезных ископаемых российской Арктики

Запасы	Золото, усл. ед.		Олово, усл. ед.	
	акватория	суша	акватория	суша
Ресурсы Р1	50	107	181	160
Ресурсы Р2	20	66	22	9
Ресурсы Р3–1	16	21	63	11
Ресурсы Р3–2	1	17	35	3

Разработка Арктического шельфа помимо отсутствия приемлемой технологии, затрудняется ещё и рядом неудобств, связанных с постоянной отрицательной температурой, например таких, как обледенение добычного оборудования, которое влечёт за собой отказ устройств и простои. Тяжелые условия ручного труда, при больших отрицательных температурах, сводят на нет все попытки круглогодичной отработки месторождений.

Одной из главных задач использования хладагента в разработке россыпных месторождений континентального шельфа в зимний период является не только уменьшение затрат энергии на транспортирование полезного ископаемого со дна, но и уменьшение вреда, наносимого окружающей среде при добыче полезного ископаемого подводным способом. Эффективность хладагента в значительной степени определяется составом самого хладагента и его отрицательной температурой при подаче хладагента в подводный забой. Так, уменьшение температуры хладагента подаваемого в подводный забой способствует скорейшему образованию грунтоледяных тел и всплытию их на поверхность [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана» (ВНИ-Иокеангеология). [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.morskayakollegiya.ru/morsk/osvoenie_mineral/nauchnye_issledo
2. В. Е. Кисляков, О. А. Корзун, Д. А. Лакин. Разработка технологии освоения шельфовых месторождений в зимний период. Журнал «Геология и геофизика» Том 51 – СОРАН, 2010

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЬДА ДЛЯ ИЗОЛИРОВАНИЯ ОБВОДНЁННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.Н. Кузнецов¹, В.Е. Кисляков²

¹ООО «СУЭК-Хакасия», г. Черногорск, Россия

²ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Золотой запас всегда был символом устойчивости государства на мировом рынке. Чем он больше, тем надежнее положение государства на мировой арене. Пополнение запаса золота, кроме экономических операций, возможно за счет его добычи.

Добыча золота производится, главным образом, из россыпных месторождений, разработка которых имеет свою специфику. Россыпные месторождения разрабатывают, применяя экскаваторы, скреперы, бульдозеры, драги, различное гидравлическое оборудование и машины для подземных работ. Наибольшее распространение, при разработке обводненных месторождений и техногенных накоплений, получил дражный способ разработки с помощью многочерпаковых и землесосных драг и земснарядов.

Интенсивная эксплуатация россыпных месторождений привела к тому, что в настоящее время все наиболее богатые россыпи истощены. К сожалению, новые технологии не могут решить главную проблему россыпной золотодобычи – естественное сокращение и ухудшение сырьевой базы. Освоение новых месторождений связано со значительными капитальными затратами и длительным сроком окупаемости вложений.

По статистике, разработка 20 из 38 месторождений в настоящее время, в условиях ограниченного притока инвестиций и длительного срока их окупаемости, не целесообразна. Длительный срок окупаемости инвестиции главным образом связан с добычным сезоном, продолжительность которого ограничена суровыми климатическими условиями регионов, в которых находятся месторождения. На рисунке 1 представлена зависимость продолжительности добычного сезона от географической широты расположения россыпных месторождений.

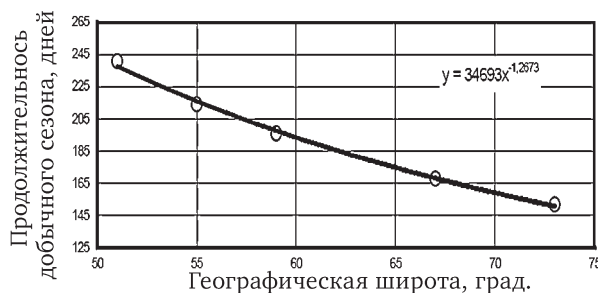


Рис. 1. Изменение продолжительности добычного сезона в зависимости от географической широты

В то же время уже сегодня состояние изученности вопроса позволяет существенно расширить область применения гидромеханизации в суровых климатических условиях и тем более продлевать добычный сезон.

На основании проведенного анализа литературных источников и мирового опыта дражной разработки, обводненных месторождений и техногенных образований в условиях отрицательных температур, авторами разработана типизация технологий, позволяющих продлить добычный сезон в условиях отрицательных температур (рис. 2).

В настоящее время существует много новых материалов, оборудования и технологий освоения месторождений полезных ископаемых, позволяющих увеличить продолжительность горных работ в условиях отрицательных температур. Одним из таких новых методов является технология разработки обводненных месторождений минерального сырья в условиях отрицательных температур при перекрытии разрабатываемого участка льдом или поликарбонатом.

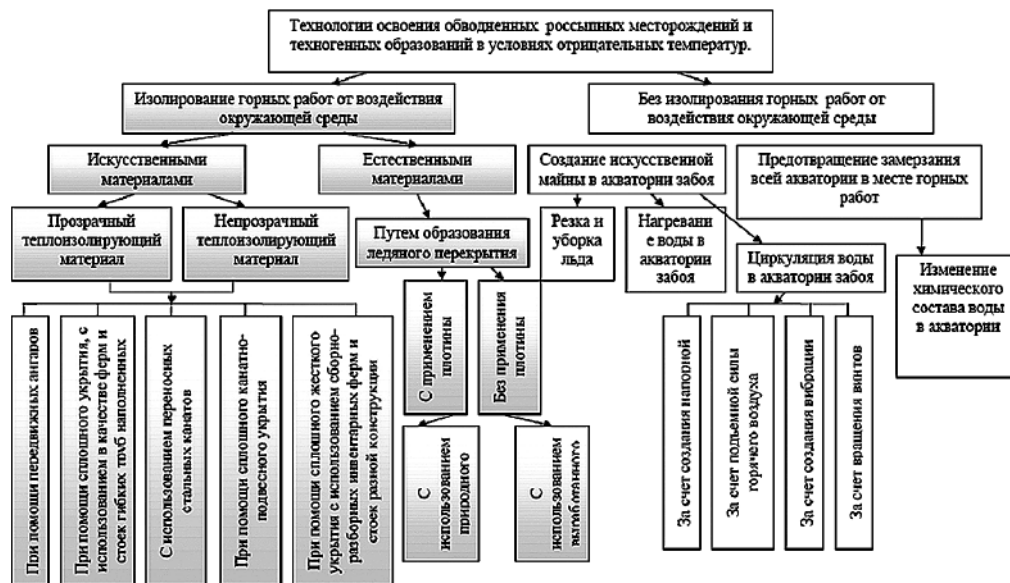


Рис. 2. Типизация технологий, позволяющих продлить добычный сезон в условиях отрицательных температур

Существующие технологии с применением перекрывающих, отрабатываемый участок, естественных или искусственных материалов находится в стадии исследования.

Для решения поставленной задачи проведен ряд экспериментов, позволяющих изучить возможность использования естественных материалов для создания новых технологий, увеличивающих продолжительность добычного сезона при разработке обводненных месторождений минерального сырья.

По результатам проведенных экспериментов были построены графики (рис. 3, 4, 5), показывающие изменение прочностных свойств льда в зависимости от различных условий.

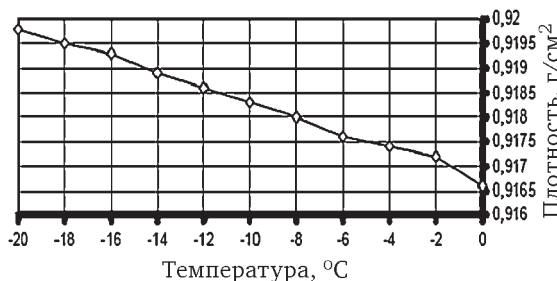


Рис. 3. График зависимости плотности чистого бесполого льда от температуры

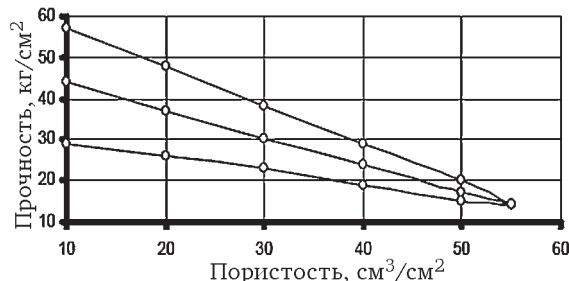


Рис. 4. График зависимости прочности льда от пористости

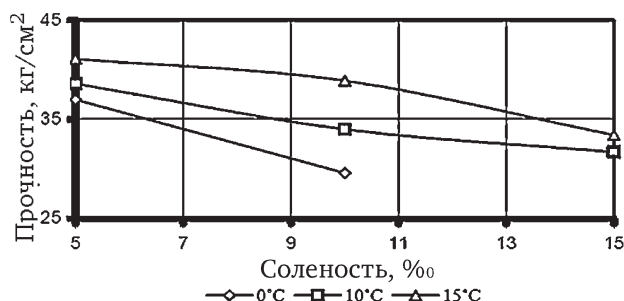


Рис. 5. График зависимости прочности льда от температуры и солености

Из результатов эксперимента следуют выводы о том, что прочностные свойства льда с повышением температуры понижаются, с повышением солености прочность льда также сильно уменьшается. Основным фактором, влияющим на твердость льда, является рассол,

поскольку с изменением солености и колебанием температуры связано содержание жидкой фазы во льду. Различное содержание жидкой фазы во льду, является основным фактором, влияющим на потенциальную энергию разрушения. С повышением количества пор, прочностные характеристики льда снижаются.

В рассмотренных случаях наибольшей прочностью, лед обладает при его разрушении односторонним сжатием и значительно меньшей прочностью на изгиб и на разрыв. Следовательно, при определенных условиях лед может использоваться в качестве перекрывающего материала, то есть он будет удовлетворять требованиям безопасности и обеспечивать перекрытие достаточной площади, разрабатываемого участка, для работы оборудования.

На основе приведенных исследований, предлагается технология разработки обводнённых месторождений в условиях отрицательных температур, где в качестве перекрывающего материала используется естественный материал – лед.

Данная технология заключается в следующем. Вся площадь карьера, предназначенная под зимнюю добычу (рис. 6), разбивается на прямоугольники. Размер и количество прямоугольников зависят от принятой ширины разрабатываемого забоя, а длина – от рельефа и формы участка. Затем на полигоне, в конце лета, возводится плотина высотой $h = H_{об} + 3$ м и шириной $Ш_б$, позволяющей предотвращать промерзание бортов полигона (где $H_{об}$ – высота оборудования от уровня воды). Внутри плотинное пространство заполняется водой.

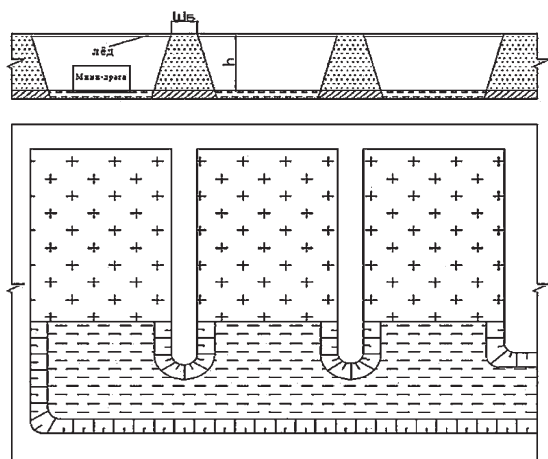


Рис. 6. Схема разработки россыпного месторождения с использованием льда в качестве перекрывающего материала

Пропуск рабочих под перекрытие осуществляется с торца, через специально вырезанные откидные полотна – отверстия, которые укрепляются на каркасе, специально сооруженном для этих целей. Со стороны разрезной траншеи с торца первого прямоугольника драга своим ходом возвращается обратно к началу второго прямоугольника.

Предлагаемый подводный способ разработки россыпей позволит повысить годовую производительность горного оборудования при разработке обводнённых россыпных месторождений полезных ископаемых и техногенных накоплений минерального сырья в условиях продолжительных отрицательных температур воздуха. Предлагаемая технология предотвратит промерзание грунта, что позволит исключить из технологического цикла такие процессы как предохранение грунта от промерзания и необходимость его оттаивания перед началом отработки. Так как будут выведены из процесса подготовки и разработки трудоёмкие и дорогостоящие процессы, следовательно, произойдёт значительное снижение затрат и повысится эффективность проведения горных работ.

С наступлением заморозков происходит формирование льда необходимой толщины (толщина льда зависит от ширины заходки, свойств льда). В это время происходит простой оборудования, который используется для технического обслуживания оборудования и текущего ремонта.

После образования льда необходимой толщины производится сброс воды или ее откачка до уровня необходимого для нормальной работы оборудования (мини-драга). Затем происходит ввод оборудования.

После того как работы дойдут до конца первого прямоугольника, работа начинается на втором участке. Количество прямоугольников зависит от потребной производительности предприятия, которую необходимо выполнить за зимний период.

РАЗРАБОТКИ ВАЛУНИСТЫХ РОССЫПЕЙ БУЛЬДОЗЕРАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНШЕЙ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ВАЛУНОВ

В.Е. Кисляков, Е.А. Тарасенко, А.А. Конник

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Долгое время, ввиду отсутствия технологических решений и оборудования, разработка валунистых россыпных месторождений не производилась. Сейчас же такие россыпи являются ценным источником россыпного золота. Следовательно, внедрение в производство новых технологических решений приведет к значительному приросту запасов, которые раньше считались забалансовыми из-за сложных геологических условий.

При разработке валунистых россыпных месторождений бульдозерным оборудованием, в большинстве случаев применяют технологические схемы с использованием промприборов и дерокаров (в дальнейшем дерокары). Технологические решения в данном случае ограничиваются созданием пандуса, который позволяет бульдозеру разгружаться на дерокары. Такие схемы отлично работают при содержании валунов в россыпи до 10%, если же надрешетный продукт составляет 20 и более процентов, появляются дополнительные затраты на разваловку и транспортирование валунистой составляющей в отвал. Также работа по данной схеме сильно осложняется при наличии глинистой фракции в валунистой россыпи, так как извлечение ценного компонента в данном случае значительно снижается.

Для решения этих проблем, была разработана технологическая схема с использованием специально созданного выработанного пространства, имеющего форму траншеи.

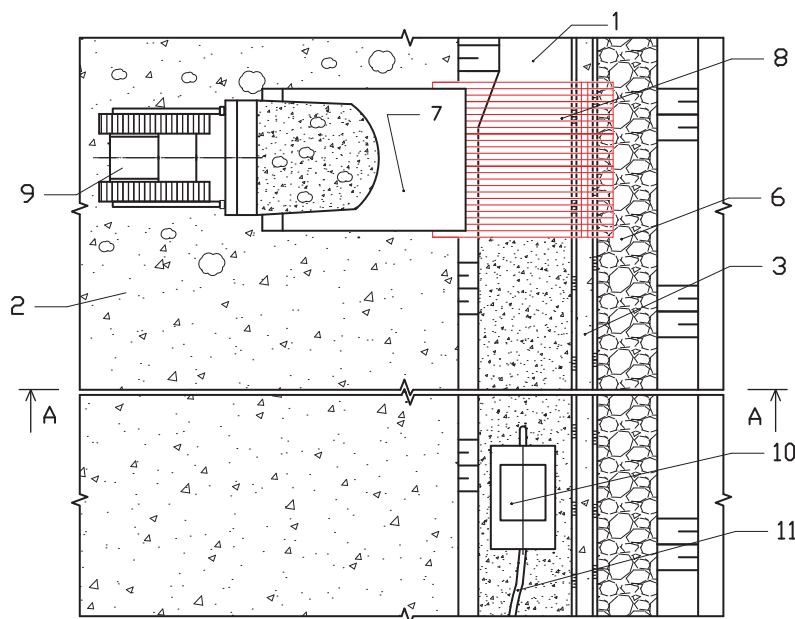


Рис. 1. Работа схемы вид в плане

Работа по данной технологической схеме осуществляется следующим образом.

После проведения вскрышных работ вдоль одного борта добычного блока проходят приемный зумпф в виде траншеи 1, глубина которой равна мощности отрабатываемых песков 2, причем траншея 1 продольно разделена целиком 3 на две полутраншеи 4, 5. Первая полутраншея 4 расположена со стороны подачи песков 2 и предназначена для их складирования, а вторая полутраншея 5 – для валунов 6. При перемещении и сбросе песков 2 с валунами 6 с пандуса 7 на вибрационный грохот 8 бульдозером 9, валуны 6, имеющие большую крупность и окатанность под действием возвратно-поступательных движений вибрационного грохота 8 скатываются во вторую полутраншею 5, а пески 2 провалива-

ются в первую полутраншею 4. Деление траншеи 1 целиком 3 на две полутраншеи 4, 5 позволяет разграничить пески 2 и валуны 6 для последующей разработки песков 2. Первую полутраншею 4 затопляют для того, чтобы при размещении песков 2 с содержанием глинистых частиц происходило разупрочнение глины и для последующей выемки песков 2 добычным плавучим средством 10. После складирования определенного объема песков 2 в первой полутраншее 4 с помощью добычного плавучего средства 10 производят выемку песков 2 и их транспортирование по пульпопроводу 11 к обогащению оборудованию. Размещение пандуса 7 на кровле песков 2 позволяет разместить под ним вибрационный грохот 8. По мере отработки песков 2 на добычном блоке пандус 7 и вибрационный грохот 8 перемещают вдоль траншеи 1.

Работа по данной схеме поясняется на рисунках 1 и 2.

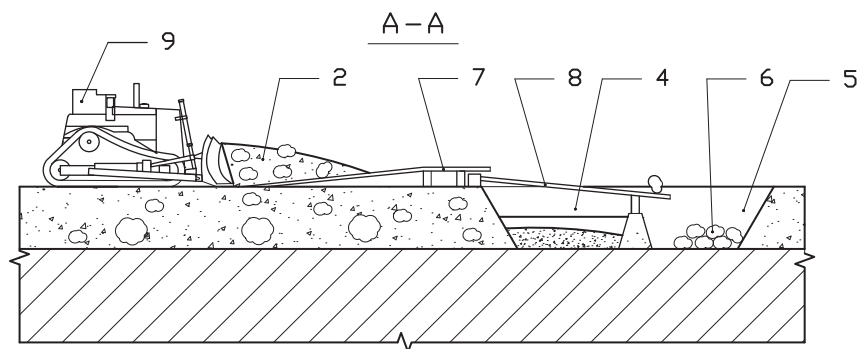


Рис. 2. Работа схемы вид в разрезе

Данная технологическая схема наилучшим образом подходит для разработки русловых россыпей небольшой ширины (50–100 м). Траншею следует располагать по борту россыпи за границей балансовых запасов, чтобы избежать потерь полезного компонента.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ¹

Ф.Д. Ларичкин, А.Е. Череповицын, В.Д. Новосельцева, Ю.Г. Глуценко

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина
Кольского научного центра РАН, г. Апатиты, Россия

Будущее человечества, по мнению многих исследователей, характеризуется как борьба за ресурсы. Россия, обладая значительным природно-ресурсным (особенно минерально-сырьевым) потенциалом, при рациональном его использовании в течение относительно значительного времени (30–50 лет) будет иметь преимущество по сравнению с экономически развитыми странами, где природные ресурсы менее значимы (табл. 1) и в значительной мере исчерпаны. В перспективе все будет зависеть от того, насколько рационально будет использовано это временное преимущество, насколько эффективно будет решена проблема интеграции имеющихся ресурсов и использования инновационных ресурсосберегающих технологий глубокой экологосбалансированной переработки природного и техногенного сырья для производства конкурентоспособной на мировом рынке продукции с высокой добавленной стоимостью [1].

Таблица 1

**Наличие природных ресурсов в расчете на душу населения
(полезных ископаемых, земель, лесов и др.)**

Страны	Стоимость природных ресурсов, тыс. долл. США
Россия	160
Западная Европа	6
США и Канада	16
Япония, Австралия и Новая Зеландия	8
Страны Ближнего Востока	58

В этих условиях необходимое совершенствование структуры и повышение эффективности национальной экономики на основе опережающего развития обрабатывающих отраслей не может быть осуществлено за счет сокращения сырьевого сектора и, как следствие, потери конкурентных позиций России на мировых сырьевых рынках (как это было с конверсией ВПК). Наоборот, Россия должна использовать шанс вернуть себе достойное место Великой державы в мировой экономике за счет реализации имеющихся неиспользуемых резервов резкого повышения эффективности использования минерального сырья, поддержания и повышения конкурентоспособности продукции экспортно-ориентированного сырьевого сектора экономики с одновременным широкомасштабным использованием инновационных технологий добычи и переработки. Реализация ресурсно-инновационного пути развития российской экономики возможна, прежде всего, за счет комплексного использования минерального сырья (особенно руд цветных, редких и редкоземельных металлов).

Повышение эффективности недропользования является в настоящее время наиболее явным и относительно легко достигаемым направлением экономической реализации конкурентных преимуществ страны, способным обеспечить необходимыми материальными и финансовыми ресурсами масштабную модернизацию и инновационное развитие обрабатывающих отраслей на основе достижений научно-технического прогресса. Что, к сожалению, не было осуществлено в наиболее благоприятный период высоких мировых цен на сырье, предшествующего мировому финансовому кризису.

Особую актуальность проблема повышения эффективности недропользования имеет для обширной зоны Севера страны, сырьевая специализация которой является объективно

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) и Правительства Мурманской области (совместный грант по проекту № 10-02-43207а/С).

обусловленной. В XXI веке основными источниками сырья становятся именно арктические регионы с прилегающими территориями Севера, поскольку в них сосредоточена треть запасов полезных ископаемых планеты. Арктика является регионом особых геополитических, экономических, оборонных, научных и социально-этнических интересов России и других стран арктической зоны. Чрезвычайная уязвимость арктической природы обуславливает необходимость исследования и решения проблем максимального сохранения естественной среды обитания, приоритетность разработки и реализации рациональной экологосбалансированной модели устойчивого природопользования в этой специфической зоне планеты.

В настоящее время становится общепризнанным, что Север в целом – это жизненно важная экономическая зона страны, богатая природными ресурсами, с ярко выраженной спецификой социально-экономического развития, с особо неблагоприятными природными условиями, с характерным комплексом климатических воздействий на человека, технику и сооружения. В то же время Север является зоной стратегических интересов России. Это обусловлено его уникальным геополитическим и географическим положением, наличием открытых для мирового океана морских портов (в западной части – незамерзающих), трансграничных транспортных коридоров и пограничных переходов, энергетических сетей, телекоммуникаций, газо- и нефтепроводов, разнообразных природных ресурсов.

На Севере расположено свыше 80 % всех промышленных запасов полезных ископаемых России, в том числе подавляющая часть никеля и платиноидов (треть мировых запасов), кобальта (15 % мировых запасов), все российские месторождения алмазов, около 80 % нефти и почти весь добываемый газ, 90 % олова, золото, слюда, апатит и множество других видов сырья. Шельф Северного Ледовитого океана является крупнейшей нефтегазоносной провинцией на Земле и содержит более 100 млрд т. у.т. На Севере добывается почти половина деловой древесины, основная часть морской рыбы и пушнины, вырабатывается 20 % электроэнергии. Северные территории обеспечивают значительную часть национального дохода и валютных поступлений, т.е. выступают важнейшим фактором обеспечения национальной экономической безопасности.

Минеральное сырье, извлекаемое из недр Земли, обеспечивает исходные материалы и энергетическую базу производства 70 % всей номенклатуры конечной продукции человеческого общества, являясь безальтернативной основой существования и развития современной цивилизации. Ежегодный мировой объем добычи составляет около 280 млрд т руды, горючих ископаемых и строительных материалов, а также более 600 млрд т вмещающих пород, причем за вторую половину XX века добыто больше полезных ископаемых, чем за всю предшествующую историю человечества.

В недрах Земли образовалось огромное количество полостей, пустот, на поверхности – отвалов горных пород, отходов обогащения, химической и металлургической переработки. В результате изменяется сбалансированное за предшествующие эпохи напряженное состояние массивов, нарушается режим подземных и поверхностных вод, деформируется и сама земная поверхность. Нарастающий техногенный прессинг на природные экосистемы приводит к их быстрому и часто необратимому разрушению, которое по своим масштабам постепенно принимает глобальный характер.

От того, как в ближайшие полвека будет организовано недропользование, какие ограничения и допуски будут наложены на его развитие, в широком смысле зависит сохранение или необратимое разрушение подвижного равновесия в природной среде, сложившегося за предшествующий период.

Из самых строгих расчетов сегодня уже известно, что никакие безотходные технологии и иные природоохранные действия, при всей их абсолютной и жизненной необходимости, сами по себе не смогут решить проблему бесконфликтного взаимодействия Человека и Природы. При нынешней несбалансированности производства и потребления с естественными циклами биосферы, подобные действия не решат стоящих проблем, но помогут лишь выиграть время для подготовки радикального изменения самих принципов этого взаимодействия [2].

Происшедшие изменения в общественном сознании приводят к постепенной экологизации системы взаимоотношений природы и общества. Очевидная и нарастающая опасность бесконтрольного потребления природных ресурсов и не менее очевидная бесперспективность лозунга «назад к природе», привели к сближающей эти позиции идее экологического императива в природопользовании [2]. И не случайно родилось специальное выражение «коэволюция человека и биосферы», как параллельного и бесконфликтного развития техно- и биосферы, очень точно отражающее особенности той альтернативы,

в которой так нуждается человечество. Отыскание условий альтернативы, решение ее проблем – это и есть обеспечение коэволюции. Одновременно с появлением проблемы поиска иного пути развития родилось и понимание ее невообразимой сложности.

Из первого закона термодинамики (сохранения вещества и энергии) со всей очевидностью следует, что человечество ничего не производит, а просто что-нибудь преобразует. Из второго закона (возрастания энтропии) вытекает, что при этих преобразованиях происходит постоянное уменьшение полезного потенциала в системе как целом.

Энтропийный поток (поток сырья) начинается с извлечения ресурсов из природной среды и заканчивается выбросами в среду, он представляет собой необходимые издержки по поддержанию уровня материального производства и населения. И чем выше интенсивность этого потока, т. е. чем большим разрушениям подвергается литосфера, тем больший урон наносится биосфере и уменьшается ее способность ассимилировать отходы. Поэтому вполне очевидно, что кардинальным средством сохранения естественной биоты Земли было бы снижение интенсивности энтропийного потока путем комплексного и повторного, а лучше многократного, использования извлеченных из добытого сырья ценных компонентов в рамках замкнутых циклов их обращения.

Однако существуют реальные возможности снижения техногенного давления на природные экосистемы на всех стадиях материального производства за счет комплексного использования всех видов материальных ресурсов, отходов производства и потребления, организации рециклирования металлов и многих неметаллических соединений (стекло, огнеупоры, макулатура и т. п.), преимущественного производства строительных материалов на основе использования горнопромышленных отходов, повышения эффективности потребления энергии, применения энерго-, ресурсосберегающих технологий, освоения и увеличения доли производства материалов и энергии на основе возобновимых видов ресурсов, ограничения неконтролируемого использования энергии, стимулирования применения более «чистых» альтернативных технологий и ресурсов.

Экономически и экологически важным резервом расширения ресурсной базы является организация сбора и переработки амортизационного лома – вторичного сырья, образующегося в результате вывода из эксплуатации изношенных основных фондов, металлического скрапа (отходов машиностроительных заводов), освободившихся упаковочных материалов на производстве и в быту и т. д. Переработка накопленного за предшествующее время металлического фонда и ряда неметаллических соединений (причем неоднократная) позволяет ограничить объемы изъятия из недр невозобновимых первичных минеральных ресурсов при резком сокращении затрат на производство и вредных выбросов в окружающую среду.

О масштабах и эффективности рециклирования металлов можно судить по следующим данным. В 2000 г. доля вторичных ресурсов в удовлетворении внутренней потребности США составляла по меди примерно 30, никелю – 30, титану – 36, свинцу – 37 % [3]. Производство 1 т стали из лома обходится в 20 раз дешевле, чем из руды, а 20 т макулатуры позволяет сохранить 1 га леса. При производстве алюминия из вторичного сырья потребность энергии сокращается в 20 раз по сравнению с первичным сырьем, а меди в 5 раз. Резко сокращаются и капитальные затраты на строительство заводов по переработке вторичного сырья. Использование комплексных подходов к использованию ресурсов недр, учитывающих, прежде всего, необходимость максимального использования добываемого сырья, обеспечивает возможность уменьшения отходов в среднем на стадии добычи в два раза, на стадии обогащения – в десять раз и на стадии глубокой химико-металлургической переработки – в шесть раз [4].

Впечатляющие успехи в использовании вторичного сырья достигнуты в последние годы в производстве алюминия. При общем приросте объема мирового производства первичного алюминия за 1990–2000 гг. около 25 %, прирост производства вторичного алюминия составляет почти 42 % [5].

Однажды полученный из руды алюминий при его последующем многократном применении в виде изделий рассматривается как своего рода «энергетические консервы», позволяющие существенно экономить энергию, резко уменьшить загрязнение окружающей среды (т. е. и «экологические консервы») и сохранить для будущих поколений невозобновимые ресурсы недр.

Характерной чертой конца двадцатого столетия явилось осознание, как производителями, так и потребителями конечной алюминиевой продукции выгоды и практичности сбора и вторичной его переработки. Так, при росте потребления алюминия в мире за 1990-е годы на 28,5 %, в США и Германии из-за роста цен на энергию производство первичного

алюминия сократилось примерно на 10% при одновременном увеличении производства вторичного алюминия соответственно на 44,1 и 23,9% [5].

Рыночные преобразования в России отрицательно отразились на производстве и потреблении алюминия. К 2000 г. общее потребление алюминия в стране сократилось в 4 раза, а производство вторичного алюминия уменьшилось на 24,1%.

Главная задача в развитии рециклирования алюминия в России – расширение рынка вторичного алюминия, создание законодательных и экономических условий для ограничения и прекращения экспорта вторичных алюминиевых сплавов и эффективного их применения в отечественном машиностроении, строительстве и упаковке, в производстве высококачественного алюминия и готовых изделий с высокой добавленной стоимостью, конкурентоспособных на мировом рынке [5].

Изложенная ситуация характерна не только для алюминия, но и других цветных металлов и всех видов вторичного сырья в стране в целом. Для создания в стране эффективной системы сбора и комплексной переработки различных видов вторичного сырья, техногенных месторождений, горнопромышленных и бытовых отходов и т. п., необходимым является совершенствование и усиление мер государственного регулирования рыночных отношений в этой специфической сфере. В том числе, предоставление налоговых и других льгот и преимуществ, по крайней мере, на период освоения выпуска новых видов продукции, освоения инновационных ресурсосберегающих технологий и проектных мощностей. Необходимо также повышение образовательного и культурного уровня россиян, пропаганда, воспитание и поощрение с детства бережного отношения к природе, многообразным природным и искусственным ресурсам, национальному достоянию.

В последние годы появились зарубежные и российские примеры переработки строительных отходов от ликвидируемых строений. В частности, завод «Дробмаш» в г. Выкса Нижегородской области выпускает технологические линии и компактные передвижные агрегаты ДРО-703, позволяющие перерабатывать разнородный материал, включая загрязненный строительный лом и железобетон с отделением металла, древесины и пластмассы и получением щебня фракций от нуля до 70 мм. Типовая схема может быть модифицирована в зависимости от конкретных задач, с учетом свойств исходного и конечного материала, требуемой производительности и условий эксплуатации.

Реализация перечисленных направлений позволит существенно ограничить объемы изъятия из природной среды первичных ресурсов без снижения достигнутых объемов производства и потребления и обеспечить, таким образом, переход к экологосбалансированному, ресурсосберегающему типу экономики, сохранение и упрочение конкурентных позиций страны на мировых сырьевых рынках. Достижение этого невозможно без государственного регулирования недропользования, совершенствования экономического механизма на современных принципах, в частности концепции налогообложения и платежей за загрязнение, стимулирующих комплексную многопродуктовую и малоотходную переработку первичного рудного сырья и всех видов горнопромышленных отходов (всей совокупности георесурсов).

Современная парадигма, основополагающий принцип комплексного использования георесурсов заключается в отказе от ресурсозатратных и широком применении ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих сокращение потребления всех экономических ресурсов на единицу готовой продукции по всей технологической цепи, начиная от геологоразведки, экономически обоснованного оконтуривания промышленных запасов многокомпонентных руд, добычи, рудоподготовки и рудосортировки, предварительного обогащения (предконцентрации), основного обогащения с выдачей коллективных и мономинеральных концентратов, комплексной их химико-металлургической переработки, вплоть до получения конечной продукции минерально-сырьевого комплекса. В основу комплексного использования сырья закладываются прежде всего экономические и экологические интересы – стремление производить максимум конкурентоспособной продукции с более высокой потребительской стоимостью при наименьших затратах материально-вещественных, трудовых, финансовых, нематериальных ресурсов и минимизации отрицательного воздействия на природную среду, что особенно важно в регионах Севера.

Рациональное комплексное освоение и использование минеральных ресурсов по определению предполагает максимально полное выявление и учет всех видов, разновидностей, специфических особенностей, возможных областей и направлений полезного использования во всем их многообразии, включая нетрадиционные, в т. ч. многообразные отходы горнопромышленного комплекса – техногенные месторождения. Обязательным элементом рационального недропользования является изначальное обоснование стратегии разработки

каждого месторождения как руководящей идеи и плана осуществления в пределах горного отвода во времени и пространстве открытых, подземных, физико-технических, физико-химических, микробиологических и комбинированных способов выемки всей совокупности георесурсов. Разрабатываемая стратегия должна соответствовать и новому развивающемуся понятию горного предприятия, создающемуся не только для добычи полезных ископаемых, а как многопрофильному хозяйствующему субъекту, комплексно использующему всю совокупность ресурсов земных недр на экономически рациональной основе, предназначенному для преобразования и охраны недр с обязательными экологическими, ресурсосберегающими и ресурсовоссоздающими, а также социально-экономическими функциями и ограничениями.

Поэтому рациональное недропользование обусловлено не только поиском, разработкой и реализацией инновационных технических и технологических решений, но и методологической обоснованностью оценки экономической эффективности множества альтернативных вариантов. В частности, эффективности освоения каждого из георесурсов (каждого из его ценных составляющих!) в отдельности и комплексного использования всей совокупности георесурсов конкретного участка недр в данных социально-экономических условиях [6]. Только на этом пути можно выявить экономически оптимальные направления и варианты освоения отдельных участков недр и соответствующих им ресурсов в конкретный период развития национальной экономики, обеспечить нормальное функционирование и развитие территорий сырьевой специализации.

Теоретически преимущества комплексного использования ресурсов, природа положительного синергетического эффекта могут быть выявлены и наглядно представлены при рассмотрении принципиально возможных моделей индивидуального (монопродуктового), интегрированного (конгломератного типа) и комбинированного (комплексного) производств, организуемых на базе месторождения многокомпонентного минерального сырья (рис. 1). Исследование специфических особенностей и закономерностей комплексных производств, на основе указанных моделей [6], позволило по-новому обосновать принципы дифференцированной стоимостной оценки каждого из ценных компонентов в исходном многокомпонентном сырье и разнообразных продуктах его комплексной переработки, вычленения прямых затрат на производство каждого извлекаемого компонента, определения предельных (браковочных) содержаний ценных компонентов для обоснованного оконтуривания и подсчета промышленных запасов комплексных месторождений и т. п., на основе которых разработаны и апробированы на конкретных предприятиях принципиально новые методические решения по ключевым проблемам экономики комплексного использования минерального сырья и горнопромышленных отходов.

Особенности формирования совокупных издержек и доходов производств, соответствующих перечисленным моделям, при извлечении из сырья хотя бы двух, а тем более большинства или всех ценных компонентов в обособленные готовые продукты, обусловлены следующими обстоятельствами. Расширение номенклатуры извлекаемых полезных компонентов при переработке многокомпонентного сырья сопровождается преобразованием только части перерабатывающих мощностей на стадии обогащения или, чаще всего, лишь на заключительных химико-металлургических операциях переработки концентратов, полуфабрикатов, промежуточных продуктов. При этом не требуется увеличения объема добычи сырья, соответственно дополнительных инвестиций и текущих затрат, связанных с подготовкой сырьевой базы, горными работами и начальными стадиями подготовки сырья к переработке (процессами дробления, измельчения², классификации и т. п.). В структуре стоимости готовых продуктов, получаемых из минерального сырья, наиболее дорогостоящими, энергоемкими, капиталоемкими и трудоемкими являются процессы добычи (особенно в совокупности с подготовкой сырьевой базы, транспортировкой, дроблением и измельчением руды), не меняющиеся при изменении количества извлекаемых ценных компонентов и уровня их извлечения. Одновременно повышение уровня комплексного использования сырья, как правило, обеспечивает относительное (в расчете на равный конечный народнохозяйственный результат) и абсолютное сокращение отрицательного воздействия горнопромышленного предприятия на окружающую среду, т. е. может иметь экологический и социальный эффекты.

Возможность существенного прироста производства конечной продукции за счет совершенствования недропользования, комплексного использования невозобновляемых

² В ряде случаев может потребоваться операция доизмельчения некоторых продуктов.

минеральных ресурсов при стабилизации, даже ограничении, объемов добычи первичного природного сырья, уменьшения загрязнения окружающей среды, в полной мере соответствует основным идеям нового оптимистического доклада Римскому клубу [7]. Один из главных выводов этого доклада – человечество в состоянии решить проблему устойчивого экологосбалансированного экономического развития на основе повышения «производительности ресурсов», резкого повышения эффективности их использования.

Одновременно необходимо существенное нормативное (законодательное) ограничение техногенных нагрузок на природную среду. Проблема нормирования нагрузок на экосистемы обсуждается уже более двух десятилетий. Накоплен поистине огромный фактологический и методический материал, который практически никак не используется для решения технических и технологических проблем при поисках подходов к экологической безопасности хозяйственной деятельности человека. Общепринятого универсального метода оценки воздействия на среду пока нет. В США и Европе, например, применяются в различных случаях и регионах 50 методик такой оценки [2].

Современный уровень развития горных технологий характеризуется наличием широчайшего диапазона технологических процессов, операций и приемов, позволяющих активно влиять на величину практически всех техногенных факторов недропользования.

Генеральная идея создания подобных технологий в самом общем виде была определена В. И. Вернадским как «ноосферная» задача встраивания производственных процессов в естественные циклы биохимического кругооборота веществ. Развивая эти идеи применительно к проблемам освоения недр планеты можно перейти к понятию экотехнологии освоения земных недр [2] – как технологии добычи минеральных ресурсов, построенной по типу процессов, характерных для природы. Это понятие представляет собой новое научное направление в геотехнологии, обеспечивающее кардинальное решение экологических проблем освоения недр за счет создания технологий, организованных по тем же принципам, которые обеспечивают экологическую чистоту функционирования естественных биологических систем.

Однако это научное направление в области геотехнологии может получить широкое развитие только в том случае, если общество законодательным или каким-либо иным способом декларирует заинтересованность в сохранении естественной биоты Земли и будет стимулировать необходимость минимизации экологических последствий получения промышленной продукции. Такая возможность появляется, если конечная продукция каждого производства будет иметь экологическую цену, которая включает в себя как прямой экологический ущерб от применяемой технологии, так и ущерб, привнесенный с использованными материалами, оборудованием и энергией. Экологическая цена учитывается при принятии управляющих решений и участвует в формировании экологической цены продукции всех последующих производств [2].

Неизбежность изъятия земель под строительство предприятий делает необходимым создание эффективной системы законодательного, экономического и нравственного стимулирования минимизации экологической цены на продукцию этих предприятий. В частности, законодательного запрета способов снижения концентрации вредных веществ в промышленных сбросах за счет распределения загрязнений по большей площади, разбавление чистым воздухом или водой и т. п., а также и всемерного стимулирования применения природоохранных технологий, основанных на изъятии или связывании вредных компонентов в промышленных сбросах.

В настоящее время плата за загрязнение природной среды в России настолько мала, что предприятиям гораздо выгоднее загрязнять окружающую среду, вносить за это плату и не осуществлять природоохранные мероприятия. По имеющимся данным [8] в Польше нормативы платы за загрязнение в целом в 10–100 раз выше, базовые ставки за сброс фосфора и азота в водные объекты в Германии соответственно в 165 и 900 раз выше, чем в России.

Например, в соответствии с Постановлением правительства РФ от 12.06.2003 г. № 344 установлены следующие нормативы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты [9]: за 1 т фторид-ионов в пределах установленных допустимых нормативов сбросов 368 руб. (менее 10 евро); в пределах установленных лимитов сбросов (в пятикратном размере) – 1840 руб.

Для сравнения, штрафные санкции за нарушение Правил поведения в общественных местах (в евро) в Германии [10]: бросать окурки мимо урны – 30; оставленный в неположенном месте хлам – 30; вытряхивание из окон и с балкона ковровых дорожек – 30; мытье автомобиля во дворе или на дороге с применением «химии» – 150; не убирать на улице за своей собакой – 150.

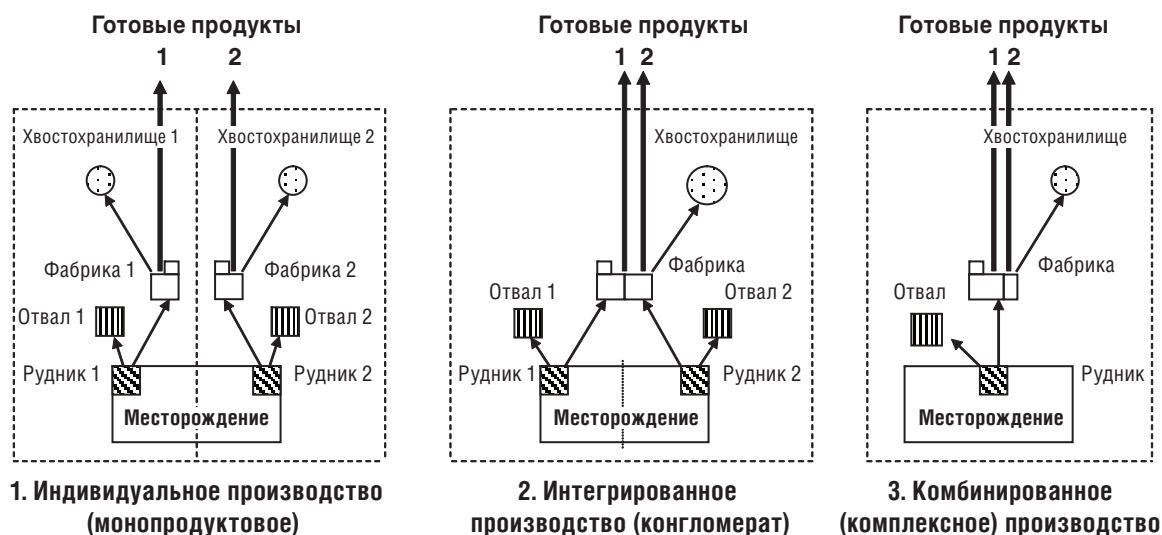


Рис. 1. Разновидности моделей производств при использовании многокомпонентного сырья

В Свазиленде (горное королевство на юге Африки) согласно закону: разбрасывание мусора и «беспечное обращение с отходами» карается штрафом – до 25 тысяч лилангели (свыше 3600 долларов США) – на первый случай; при повторном нарушении закона – штраф в двойном размере или даже тюремное заключение сроком до двух лет.

У региональных органов власти имеются возможности регулирования базовых нормативов платы за загрязнение, исходя из особенностей ситуации. Эти возможности следует признать довольно ограниченными. Они сводятся к следующему [8]:

- согласование предельно допустимых нормативов негативного воздействия, определение лимитов осуществляется региональными исполнительными органами в лице комитетов (управлений) по охране природы;
- решением органов власти субъектов РФ могут увеличиваться коэффициенты экологической ситуации – до двух раз для природопользователей, расположенных в зонах экологического бедствия, районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, на территории национальных парков и заповедных территориях, по которым заключены международные конвенции;
- устанавливаемый на федеральном уровне коэффициент индексации платы за загрязнение может регулироваться в субъектах Федерации.

Вместе с тем, действуют ограничения в виде предельных размеров платы за повышение допустимых нормативов негативного воздействия в процентах от прибыли, остающейся в распоряжении природопользователя, и зависящих от уровня его рентабельности (отношение прибыли от реализации продукции к полной себестоимости). Если рентабельность не превышает 25 %, то максимальный процент от прибыли, в пределах которого взимаются платежи, составляет 20 %, при рентабельности до 50 % – 50 %, а свыше 50 % – 70 %. Введение такой нормы представляет собой льготу природопользователям, носит временный характер и в перспективе подлежит безусловной отмене.

Увеличение нормативов платы за загрязнение будет способствовать повышению актуальности и экономической эффективности развития более полного комплексного использования всех ценных составляющих многокомпонентных природных и техногенных ресурсов.

Для успешной масштабной эффективной реализации преимуществ комплексного освоения и использования всех видов природных и техногенных ресурсов недр целесообразна разработка на фундаментальной основе Государственной программы оценки, изучения, освоения и сохранения природно-ресурсного потенциала, прежде всего в зоне Севера, а затем и в стране в целом, рассчитанной на 30–50 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев С. В. Стратегический потенциал базовых отраслей промышленности. – Апатиты: КНЦ РАН, 2003. – 268 с.

2. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. – М.: Научтехлитиздат, 2003. – 261 с.
3. Глобализация и рынки минерального сырья / А. Е. Воробьев, Г. А. Балыхин, С. Ф. Усманов, Т. Ф. Чекушина; под ред. д-ра техн. наук, проф. А. Е. Воробьева. – Бишкек: Изд. КРСУ, 2003. – 294 с.
4. Каплан Е. Л., Литовка О. П., Новиков Э. А. Социально-экономические аспекты рационального природопользования в регионе. – Л.: Наука, 1989. – 126 с.
5. Макаров Г. С. Развитие производства вторичного алюминия в России // Цветные металлы. – 2004. – № 1. – С. 62–66.
6. Ларичкин Ф. Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. – Апатиты: КНЦ РАН, 2004. – 252 с.
7. Вайцзекер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. ФАКТОР ЧЕТЫРЕ. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу. Перевод А. П. Заварицына и В. Д. Новикова. Под ред. акад. Г. А. Месяца. – М.: Academia, 2000. – 400 с.
8. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов / Под ред. Проф. Э. В. Гирусова, проф. В. Н. Лопатина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2002. – 519 с.
9. О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления. – Постановление правительства РФ от 12.06.2003 г. № 344 // Российская газета. – 2003. – 21 июня, № 120.
10. Любишь мусорить – плати. – Мурманский вестник, 2004, № 10 (3153) за 17.01.04 г.